



**Célia Patrícia Martins
Bento**

**Sustentabilidade de SAF's na Região de Vila Bela,
Mato Grosso, Brasil**



**Célia Patrícia Martins
Bento**

**Sustentabilidade de SAF's na Região de Vila Bela,
Mato Grosso, Brasil**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor António José Dinis Ferreira, Professor Adjunto no Departamento de Ambiente da Escola Superior Agrária de Coimbra.

Dedico este trabalho a Guaicaipuro e ao Padre Maurício.

o júri

presidente

Prof. Doutor António José Barbosa Samagaio

Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Fernando Manuel da Silva Rebelo

Professor Catedrático do Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor António José Dinis Ferreira

Professor Adjunto do Departamento de Ambiente da Escola Superior Agrária de Coimbra

agradecimentos

Ao longo do tempo em que decorreu este trabalho, deparei-me com inúmeras pessoas sem as quais este trabalho não teria sido possível. Agradeço, desta forma, a todos os que, de forma directa ou indirecta, me ajudaram a vencer mais esta fase da minha vida, em especial:

Ao meu orientador, o Prof. Doutor António Dinis Ferreira, pela oportunidade que me deu de trabalhar para o projecto Guyagrofor de forma tão intensa, num país que me diz muito e me deu muito, e pelo acompanhamento e apoio durante a realização desta dissertação.

Ao José Leite e Suely, à Verone e ao Renato, pelo acolhimento, apoio, ajuda, grande amizade, pelas oportunidades que me deram, quer profissionais, quer pela disponibilidade para me mostrarem novos paraísos do Brasil, pela confiança, desabafos, por tudo o que me proporcionaram até hoje.

A todas as pessoas da comunidade quilombola do Boqueirão pelo acolhimento, amizade, carinho, disponibilidade e ajuda, em especial:

- Ao Luciano e à Vanusa pelo acolhimento na sua casa, disponibilidade, amizade e pela participação de forma mais activa neste projecto; e ao Luciano ainda pela grande ajuda no trabalho de campo e na resolução de alguns problemas e pela disponibilidade sempre imediata.

- Ao João Paulo e à Amélia pela participação mais activa neste projecto, pela ajuda no trabalho de campo, pela amizade e acolhimento.

- À Sebastiana, a minha “vovó” que nunca irei esquecer, um agradecimento muito especial, pelo acolhimento na casa dela, pela grande amizade, pelos desabafos, pelas longas noites à conversa, pela transmissão de conhecimentos, pela ajuda, por me acolher como uma neta, pelos chás que bebemos juntas; alguém que recordo com muito amor, carinho e saudade.

- Ao Felipe, pela ajuda no trabalho de campo, pelas “caronas” à cidade, pelos passeios a cavalo, pelas “baladas”, pela companhia, amizade e carinho, por fazer parte da minha vida.

- Ao Socó pelas “caronas” e “baladas”, ao Rudi pela ajuda no trabalho de campo e à Kika e ao Ádio pela amizade, carinho, ajuda e pelas “baladas”.

Ao Denis pela forte amizade, pelas “caronas”, por ter escutado os meus desabafos, pela grande ajuda.

À Maria Dimas pela forte amizade, pelas longas conversas, pelo acolhimento em Cuiabá, pelos desabafos que escutou, por ser uma grande mulher.

À Sandra do Hotel Cascata pela disponibilidade em conceder o computador e internet sempre que precisei, pelo acolhimento, amizade e carinho, pela ajuda.

Agradecimentos (contin.)

Ao Mário Friedlander por ter disponibilizado a sua casa em Vila Bela da Santíssima Trindade; e ao Areosmar pela companhia, amizade, carinho e grande ajuda dentro desta casa.

Ao Lesser por me disponibilizar a sua casa em Cuiabá, por me acolher sempre com muito carinho, por ser um grande amigo, pelas “baladas”, pelas “caronas”, por ser alguém que recordo com muito carinho, amizade e saudade, por ter estado sempre presente durante toda a minha estadia no Brasil.

À Nikita e ao Claudinei por serem bons amigos, pelos grandes desabafos e ajuda sempre que precisei. E ao Lionês pela ajuda e disponibilidade sempre que precisei e pela amizade e carinho. E ainda ao Thiago Parreira, à Michely, à Gi e ao Flavinho, pela amizade e pelas “caronas” e “baladas”.

À Tanya Esteves pela grande ajuda, transmissão de conhecimentos e disponibilidade nos trabalhos de SIG em ArcGis.

Ao Prof. Nuno Santos da ESAC pela ajuda e transmissão de conhecimentos na utilização do SPSS para a elaboração do estudo estatístico e na interpretação dos resultados estatísticos obtidos.

À Leonor do laboratório de solos e fertilidade da ESAC, pela ajuda na compreensão de alguns parâmetros metodológicos laboratoriais.

À Érica Castanheira pela transmissão da informação na fase inicial e ajuda.

À Carla Ferreira e ao Nuno pela ajuda no fornecimento de material de estatística e pela amizade.

Aos meus pais, ao meu cunhado e a toda a minha família pelo apoio, amor, carinho, compreensão, amizade, preocupação, por serem a minha família.

À minha mana um agradecimento especial, pela força, apoio, por ser minha grande amiga, por estar sempre presente, pelos conselhos e incentivos nos momentos mais difíceis, por ser a pessoa que é.

À Martita (Marta Vergílio) por ser uma grande amiga, pela grande ajuda durante o decorrer desta dissertação, pelos incentivos nos momentos difíceis, por escutar os meus desabafos, pela força, por estar sempre presente, por tudo.

Ao Bruno Freire Santos pela ajuda, pelo apoio, amizade e grande carinho, por ter contribuído fortemente para o meu bem-estar numa fase que tanto precisei.

Ao meu “vizinho” Celso, à Canas e à Mariana pela grande amizade, apoio e compreensão, pelas longas horas de conversas e desabafos.

A Deus, ao padre Maurício, a Guaicaipuro, aos meus anjos da guarda, por estarem comigo em todos os momentos, me protegerem e darem muita força!

palavras-chave

Sistemas Agro-florestais, fertilidade dos solos, espécies leguminosas, desflorestação, Comunidade Quilombola do Boqueirão, Mato Grosso, Brasil, Guyagrofor

resumo

A desflorestação da floresta tropical amazónica atinge dimensões cada vez mais alarmantes. O Brasil e, em especial, o estado de Mato Grosso, têm um peso bastante acentuado neste processo.

Nas florestas tropicais das regiões tropicais húmidas, a maioria dos nutrientes essenciais às plantas está contida na vegetação e só é possível a sua circulação contínua quando a matéria orgânica se transfere das árvores para os solos. Se este ciclo de nutrientes é interrompido, ocorrerá um rápido declínio na sua fertilidade.

Neste contexto, os sistemas agro-florestais (SAF's) surgem como um novo paradigma do desenvolvimento sustentável que, se bem geridos, podem ser uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas e para a reposição florestal de áreas abertas que foram utilizadas para a agricultura itinerante.

No âmbito do projecto de investigação Guyagrofor, foi realizado um trabalho experimental cujo principal objectivo consistiu no estudo do impacte da introdução de leguminosas de ciclo curto e da alteração das técnicas de gestão do solo na sustentabilidade de SAF's, do tipo quintais agro-florestais, através da monitorização dos nutrientes no solo e das suas implicações na fertilidade do solo. Pretendeu-se, igualmente, verificar o impacte das técnicas de gestão implementadas na redução da desflorestação das áreas de floresta.

A área de estudo localizou-se na comunidade quilombola do Boqueirão, que faz parte do Município de Vila Bela da Santíssima Trindade, no Estado de Mato Grosso, no Brasil. Para a realização deste estudo delimitaram-se dois quintais agro-florestais de duas famílias desta comunidade, de dimensões 30x30m na unidade produtiva (UP) [Sítio] Boa Vontade e 25x60m na UP [Sítio] São João. Estas áreas foram divididas ao meio. Em metade mantiveram-se as técnicas de manejo tradicionais dos quilombolas e na outra introduziram-se as espécies leguminosas e técnicas de manejo alternativas.

Os resultados obtidos permitem concluir que ocorreu, de uma forma geral, uma melhoria na fertilidade dos SAF's estudados, entre 2007 e 2009. No entanto, esta melhoria verificou-se em todas as áreas estudadas (talhões controlo, experimentais e de referência), mostrando que factores externos influenciaram a melhoria da qualidade do solo. Contudo, em média, esta melhoria foi ligeiramente mais acentuada para os talhões experimentais de ambas as UP's em estudo, ainda que não tenha sido significativa quando comparada com os talhões controlo, indiciando que a introdução de leguminosas e de diferentes técnicas de manejo do solo poderão estar a surtir efeitos mais acentuados na fertilidade do solo (ainda que de forma bastante lenta). Importa referir que o tempo de duração da actividade experimental (2,5 anos) foi insuficiente para a obtenção de uma resposta mais significativa e clara das técnicas introduzidas na fertilidade do solo. Acredita-se, igualmente, que o desenvolvimento de SAF's, pelo menos em agricultura familiar e a uma escala mais alargada, poderá reduzir a desflorestação das áreas de floresta ao aumentar o rendimento das populações locais.

keywords

Agroforestry Systems, soil fertility, leguminous species, deforestation, Maroon community of Boqueirão, Mato Grosso, Brasil, Guyagrofor

abstract

Deforestation of the Amazonian tropical rainforests is a matter of great concern worldwide. The Mato Grosso state in Brazil has the highest deforestation rates of the Amazonian rainforest.

In wet tropical forests, most of the essential nutrients to plants are contained in the vegetation and only makes possible the exuberant rainforest if a continuous circulation of organic matter is transferred from the trees for the soils. If the nutrients cycle is interrupted, a fast decline of soil fertility will occur.

In this context, the agroforestry systems are perceived as a new paradigm of sustainable development that, if well managed, can be an alternative to the recovery of degraded areas and to forestry reposition in open areas previously used for slash and burn agriculture.

Under the scope of Guyagrofor research project, an experimental design research was implemented to study the impact of short cycle leguminous introduction and of the changes on soil management on agroforestry systems sustainability. The research was held at homegardens with agroforestry systems, through the monitoring of soil nutrients and their influence on soil fertility. A further aim was to assess the impact of the implemented management techniques on deforestation rates reduction.

The study area was located in the maroon community of Boqueirão, at the municipality of Vila Bela da Santíssima Trindade, in the state of Mato Grosso, Brazil. Two agro-forestry homegardens from two different households were chosen, one 30x30m in size at the productive unit (PU) Boa Vontade and the other 25x60m in size at the PU São João. These areas were divided. One half maintained the traditional maroon techniques while in the other half the alternative techniques and leguminous species were introduced.

The results show an increase of soil fertility in the studied agroforestry systems soil fertility, between 2007 and 2009. Nevertheless, this increase on soil fertility occurred in all the plots (control, treatment and reference plots), which means that external factors influenced the improvement of soil fertility. Notwithstanding, the improvement has been slightly higher for the treatment plots of both PU's, even if it wasn't significant when compared to the control plots. This means that the introduction of leguminous and the management techniques changes can result in higher soil fertility effects, although at a very slow rate. The short monitoring period (2.5 years) was not enough to attain significant and clear results on the impact of improved management strategies on soil fertility. We also believe that the development of agroforestry systems, linked to household agriculture, can have an important role if spread widely, reducing deforestation, by increasing the local populations income.

Índice

Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas	xii
Introdução	1
Capítulo I. Estado Actual dos conhecimentos.....	4
I.1 As florestas tropicais húmidas	4
I.1.1 A problemática da desflorestação	6
I.2 A República Federativa do Brasil	9
I.2.1 O Estado de Mato Grosso.....	11
I.2.2 Situação Actual	13
Capítulo II. Os sistemas agro-florestais (SAF's)	16
II.1 Tipos de sistemas agro-florestais	17
II.2 Os sistemas agro-florestais – uma solução para a redução da desflorestação?	18
Capítulo III. Caso de estudo: A comunidade quilombola do Boqueirão	21
III.1 Caracterização da área de estudo.....	21
III.1.1 Caracterização biofísica.....	24
III.1.1.1 Geomorfologia.....	24
III.1.1.2 Geologia.....	25
III.1.1.3 Clima	25
III.1.1.4 Solos	27

III.1.1.5	Hidrografia.....	28
III.1.1.6	Vegetação	29
III.1.1.7	Uso actual do solo.....	30
III.1.2	Evolução durante a última década	31
III.2	O sistema agrícola tradicional e os quintais agro-florestais tradicionais.....	34
III.2.1	Impactes ambientais, económicos e sociais	38
III.3	Metodologia	39
III.3.1	Implementação de SAF's conjugando as técnicas de manejo tradicionais quilombolas com técnicas de manejo alternativas	39
III.3.1.1	Principais actividades de manejo desenvolvidas nas áreas experimentais.....	42
III.3.2	Monitorização das experiências implementadas.....	45
III.3.2.1	Monitorização da cobertura do solo por vegetação e manta morta e tipo e número de espécies presentes no SAF.....	45
III.3.2.2	Monitorização dos nutrientes do solo	46
III.3.2.2.1	Metodologia de campo	46
III.3.2.2.2	Metodologia laboratorial.....	48
III.3.2.2.3	Análise e tratamento estatístico dos dados	49
III.4	Resultados e discussão.....	50
III.4.1	Tipo e número de espécies presentes nos SAF's ao longo do período experimental e cobertura do solo por vegetação e manta morta	51
III.4.1.1	Tipo e número de espécies presentes e sua distribuição nos SAF's, ao longo do período experimental de 2007 a 2009.....	51

III.4.1.2	Cobertura do solo dos SAF's por vegetação e manta morta ao longo do período experimental de 2007 a 2009	58
III.4.1.2.1	Cobertura do solo por vegetação	58
III.4.1.2.2	Cobertura do solo por manta morta	61
III.4.2	Evolução da fertilidade do solo dos SAF's em estudo, no período de 2007 a 2009..	65
III.4.2.1	Matéria orgânica	67
III.4.2.2	Reacção do solo	72
III.4.2.3	Capacidade de Troca Catiónica e Grau de Saturação em Bases	75
III.4.2.4	Macronutrientes no solo	80
III.4.2.4.1	Fósforo Disponível.....	80
III.4.2.4.2	Potássio Disponível	85
III.4.2.4.3	Cálcio e Magnésio Trocáveis.....	88
III.4.2.5	Variação temporal e espaço-temporal das características químicas médias do solo das áreas em estudo.....	93
III.4.2.5.1	Matéria Orgânica	96
III.4.2.5.2	Reacção do solo	99
III.4.2.5.3	Capacidade de Troca Catiónica.....	102
III.4.2.5.4	Grau de Saturação em bases	104
III.4.2.5.5	Fósforo Disponível.....	106
III.4.2.5.6	Potássio Disponível	108
III.4.2.5.7	Cálcio Trocável.....	111
III.4.2.5.8	Magnésio Trocável	113

III.4.2.6 Taxa de evolução média das características químicas médias do solo das áreas em estudo, entre 2007 e 2009	117
Capítulo IV. Avaliação da estratégia de manejo implementada	120
Conclusões e recomendações	124
Bibliografia	126
Glossário	132
Anexos	133
Anexo I: Tabelas de dados relativas ao alumínio trocável, nos talhões controle, experimentais e de referência, das UP's Boa Vontade e São João, para as campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009.	133
Anexo II: Tabelas de dados relativas à acidez potencial ($\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$), nos talhões controle, experimentais e de referência, das UP's Boa Vontade e São João, para as campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009.	136
Anexo III: Classes de interpretação da fertilidade dos solos de acordo com a sua acidez potencial e trocável (alumínio trocável (adaptado de Alvarez et al., 1999)).	139

Índice de Figuras

Figura 1: Distribuição e localização das florestas tropicais húmidas no planeta, à esquerda (fonte: Butler, 2007), e um exemplo do aspecto das florestas tropicais húmidas no Brasil, à direita.	4
Figura 2: A floresta tropical húmida no norte do estado de Mato Grosso, Brasil.	5
Figura 3: Evolução das áreas florestais, em milhões de hectares por ano, por continentes, nos períodos de 1990-2000 e 2000-2005 (à esquerda) e características das áreas florestais em 2005 (à direita) (Adaptado de FAO, 2006).	7
Figura 4: Localização do Brasil na América do Sul (esquerda) e seus 26 estados (direita) (Adaptado de http://www.lib.utexas.edu/maps/americas.html e de http://www.ondehospedar.com.br/).	10
Figura 5: Principais biomas continentais do Brasil e a área ocupada por cada bioma (Adaptado de IBGE, 2004).	10
Figura 6: Localização do estado de Mato Grosso no Brasil (fonte: www.mato-grosso.net).	11
Figura 7: Estados pertencentes à Amazónia Legal (fonte: http://mandiocadomara.blogspot.com)... ..	12
Figura 8: Exemplos da contribuição da abertura de rodovias na expansão económica e desflorestação das áreas de floresta tropical húmida, no noroeste de Mato Grosso, Brasil.	14
Figura 9: Localização da área de estudo (comunidade quilombola do Boqueirão) no Município de Vila Bela da Santíssima Trindade e no estado de Mato Grosso, Brasil (Fonte: Ferreira <i>et al.</i> , 2006).	22
Figura 10: Planícies e pantanais da área de estudo, com uma lagoa sazonal, e a Serra Ricardo Franco, visível, ao fundo.	24
Figura 11: Diagrama ombrotérmico de Gaussen na estação meteorológica de Cáceres-MT, para o período de 1961-1990.	26
Figura 12: Mapa de usos do solo na comunidade quilombola do Boqueirão (Fonte: Bento, 2006). .	31
Figura 13: Evolução da desflorestação dentro da comunidade quilombola do Boqueirão e na área envolvente, no período de 2004 a 2009.	32

Figura 14: Fruto do abacaxi atacado por aves (à esquerda e centro) e uma das pragas que come este fruto, o “biro-biro” (à direita).....	38
Figura 15: Tatú-galinha (<i>Dasypus novemcinctus</i>).....	38
Figura 16: Inseticida utilizado na comunidade de estudo.....	38
Figura 17: Quintal agro-florestal da Unidade Produtiva São João.....	39
Figura 18: Unidades Produtivas Boa Vontade e São João e informações sobre as experiências agro-florestais implementadas em 2007 (Adaptado de Mendes, 2009).	40
Figura 19: Desenho experimental das áreas em estudo na comunidade quilombola do Boqueirão.....	41
Figura 20: Algumas das espécies introduzidas pelo projecto nas áreas experimentais do Boqueirão.	42
Figura 21: Poda das leguminosas nos talhões experimentais B (em cima) e C (em baixo).....	44
Figura 22: Capina do Talhão A (UP Boa Vontade), à esquerda, e do Talhão D (UP São João), à direita, no ano de 2009.	44
Figura 23: Esquema representativo do sub-parcelamento efectuado para a monitorização da cobertura do solo por manta morta e vegetação, nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade (à esquerda) e São João (à direita).....	46
Figura 24: Esquema representativo com o local da recolha das amostras de solo nas campanhas de amostragem realizadas (azul – primeira campanha; verde – campanhas seguintes), nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade (à esquerda) e São João (à direita).	48
Figura 25: Tipos de estratos existentes nos talhões A – controlo e B – experimental, de acordo com as espécies presentes no SAF, ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.....	53
Figura 26: Tipos de estratos existentes nos talhões C – experimental e D – controlo, de acordo com as espécies presentes no SAF, ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP São João.	57

Figura 27: Cobertura do solo por vegetação, em percentagem por unidade de área, nos talhões A (controle) e B (experimental), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.	59
Figura 28: Cobertura do solo por vegetação, em percentagem por unidade de área, nos talhões C (experimental) e D (controle), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP São João.	60
Figura 29: Cobertura do solo por manta morta, em percentagem por unidade de área, nos talhões A (controle) e B (experimental), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.	63
Figura 30: Cobertura do solo por manta morta, em percentagem por unidade de área, nos talhões C (experimental) e D (controle), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP São João.	64
Figura 31: Evolução do teor de matéria orgânica no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	70
Figura 32: Evolução da reacção do solo (pH CaCl_2), nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	73
Figura 33: Evolução da capacidade de troca catiónica do solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	76
Figura 34: Evolução do grau de saturação em bases do solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	78
Figura 35: Evolução do teor de fósforo disponível no solo, para teores de argila entre 0 e 15%, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	82
Figura 36: Evolução do teor de fósforo disponível no solo, para teores de argila entre 15% e 35%, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	83
Figura 37: Evolução do teor de potássio disponível no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.	87

Figura 38: Evolução do teor de cálcio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009. ...	90
Figura 39: Evolução do teor de magnésio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009. ...	92
Figura 40: Evolução do teor médio de matéria orgânica do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	97
Figura 41: Evolução da reacção média do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	100
Figura 42: Evolução do teor médio da capacidade de troca catiónica do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	102
Figura 43: Evolução do grau de saturação em bases do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	104
Figura 44: Evolução do teor médio de fósforo disponível no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	106
Figura 45: Evolução do teor médio de potássio disponível no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	109
Figura 46: Evolução do teor médio de cálcio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).	111

Figura 47: Evolução do teor médio de magnésio trocável no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão)	113
---	-----

Índice de Tabelas

Tabela 1: Características climáticas da área de estudo, de acordo com a normal climatológica de 1961-1990, da estação meteorológica de Cáceres-MT (Adaptado de INMET, 2007).....	26
Tabela 2: Calendário agrícola utilizado na comunidade quilombola do Boqueirão (Adaptado de UFMT, 2005a).....	36
Tabela 3: Calendário de cultivo das principais espécies utilizadas na roça, no Boqueirão (Fonte: UFMT, 2005a).....	36
Tabela 4: Resumo das actividades de manejo desenvolvidas nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade (talhões A e B) e São João (talhões C e D).	45
Tabelas 5 e 6: Tipo de espécies presentes, número total de espécies e número total de indivíduos por espécie, ao longo do tempo (2007-2009), nos talhões A - controlo e B - experimental, na UP Boa Vontade.....	52
Tabelas 7 e 8: Tipo de espécies presentes, número total de espécies e número total de indivíduos por espécie, ao longo do tempo (2007-2009), nos talhões C - experimental e D - controlo, na UP São João.....	55
Tabela 9: Qualidade inicial do solo dos talhões controlo e experimentais, nas UP's Boa Vontade e São João (campanha de amostragem realizada em Março de 2007).....	66
Tabela 10: Classificação do solo de acordo com o seu teor em matéria orgânica (adaptado de Alvarez <i>et al.</i> , 1999).	69
Tabela 11: Classificação dos solos segundo a sua reacção (adaptado de Raij <i>et al.</i> , 1996).....	73
Tabela 12: Classificação dos solos de acordo com a sua capacidade de troca cationica total e grau de saturação em bases (adaptado de Alvarez <i>et al.</i> , 1999).	76
Tabela 13: Classes de disponibilidade para o fósforo, de acordo com o teor de argila do solo (adaptado de Alvarez <i>et al.</i> , 1999).	81
Tabela 14: Classes de disponibilidade para o potássio disponível (adaptado de Alvarez <i>et al.</i> , 1999).	86

Tabela 15: Classes de interpretação de fertilidade do solo para o cálcio e magnésio trocáveis (adaptado de Alvarez <i>et al.</i> , 1999).....	90
Tabela 16: Evolução média da fertilidade do solo nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.....	94
Tabela 17: Taxa de evolução (em percentagem) da fertilidade do solo entre 2007 e 2009, para os talhões controle, experimentais e referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João.....	117

Lista de Abreviaturas

ACOREBELA: Associação Comunidade Rural Negra de Vila Bela da Santíssima Trindade

CTC: Capacidade de Troca Catiônica

ESAC: Escola Superior Agrária de Coimbra

FP6: Sixth Framework Programme

GSB: Grau de Saturação em Bases

MO: Matéria Orgânica

MT: Mato Grosso

SAF: Sistema Agro-Florestal

Sudam: Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso

UP: Unidade Produtiva

Introdução

Na natureza, os ecossistemas tendem a um equilíbrio dinâmico, no qual as entradas e saídas são equivalentes, procurando-se sempre o menor gasto de energia possível (Ricklefs, 1993). O maior estado de equilíbrio é atribuído aos ecossistemas originais, aqueles que a própria natureza se encarregou de formar, sem interferência antrópica significativa. Quando ocorrem variações excessivas nas entradas e saídas do sistema, os ecossistemas são obrigados a dispensar maiores quantidades de energia para se manterem e tentarem restabelecer o estado original (Odum, 2001).

As florestas tropicais, situadas entre os trópicos, são caracterizadas pela baixa fertilidade natural dos seus solos, facto explicado pela predominância de elevadas temperaturas e humidade nesta região (Silva, 2007). No entanto, estes ecossistemas são amplamente conhecidos pela sua exuberante flora e fauna, albergando neles a maior diversidade de organismos vivos na Terra (Butler, 2007; Odum, 2001; Silva, 2007).

Nos últimos 15 anos tem-se verificado um aumento significativo da influência humana nos solos e florestas, por vezes com bons resultados, mas, grande parte das vezes, com resultados lamentavelmente desastrosos (Bridges, 1997).

O sistema produtivo que se tem instalado nos trópicos baseia-se na remoção da cobertura vegetal, no revolvimento do solo e na aplicação de fertilizantes minerais e herbicidas. Desta forma, o ecossistema original é completamente modificado, deixando de estar em equilíbrio e de ser sustentável e necessitando, cada vez mais, de recursos externos para manter a sua produtividade (Silva, 2007).

A desflorestação da floresta tropical amazónica atinge dimensões cada vez mais preocupantes. Só o Brasil foi responsável por um quarto de toda a desflorestação do mundo nos anos 90 (Garcia, 2004) e Mato Grosso é o estado brasileiro que apresenta o maior índice de desflorestação (Moreno & Higa, 2005). As principais causas desta desflorestação estão associadas à extracção de madeira, à conversão das florestas em áreas agrícolas ou de pastagem, para a criação de gado, e à construção de estradas (Butler, 2007).

Os sistemas agro-florestais surgem como um novo paradigma do desenvolvimento sustentável que, se bem geridos, podem ser uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas e para a reposição florestal de áreas abertas (Engel, 1999; Peneireiro *et al.*, s. d.), sendo frequentemente

mencionados como um tipo de agricultura sustentável mais adequado às condições edafo-climáticas da Amazónia (Guyagrofor, 2004).

No contexto da problemática da desflorestação, surgiu o projecto de investigação “GUYAGROFOR - Development of Sustainable Agroforestry Systems Based on Indigenous and Maroon Knowledge in the Guyana Shield Region, INCO510935 do Programa INCO-DEV, financiado pela União Europeia, no âmbito do sexto programa de investigação e desenvolvimento (FP6). Este projecto surgiu para constituir uma proposta holística ao problema que afecta todos os ecossistemas florestais tropicais húmidos onde pequenos agricultores exploram sistemas agro-florestais, ou seja, a diminuição da fertilidade do solo e a melhoria da gestão ambiental através de propostas integradas. Adicionalmente, pretendeu reforçar e melhorar as fracas cadeias de mercado existentes. O principal objectivo do GUYAGROFOR prendeu-se com a pesquisa e aplicação de novas estratégias para o uso alternativo de recursos florestais com elevado valor no mercado e para o desenvolvimento sustentável dos sistemas agro-florestais, com base nos conhecimentos indígenas e quilombolas (nome dado aos afro-descendentes dos ex-escravos negros, que formaram comunidades viáveis, muitas vezes isoladas no interior da floresta), na região do Escudo das Guianas. Segundo este projecto, o estudo cuidado do conhecimento tradicional, no que respeita ao uso múltiplo de produtos florestais não-madeireiros, poderia facilitar o acesso a novas fontes de recurso financeiro, originando actividades que poderiam beneficiar a micro-economia das comunidades tradicionais indígenas e quilombolas, bem como a economia nacional, através do aumento da interacção comercial. O estudo visou, assim, identificar alternativas tecnológicas e políticas económicas direccionadas ao desenvolvimento sustentável dos solos e à monitorização integrada dos processos de água e nutrientes no solo. Este projecto é constituído por várias parcerias na Europa (Holanda, Bélgica e Portugal) e América do Sul (Venezuela, Suriname e Brasil) e desenvolveu trabalhos de pesquisa nos países Sul-Americanos (Guyagrofor, 2004).

No âmbito do projecto, foi realizado um trabalho experimental cujo principal objectivo consistiu no estudo do impacte da introdução de leguminosas de ciclo curto e da alteração das técnicas de gestão do solo na sustentabilidade de sistemas agro-florestais, do tipo quintais agro-florestais, através da monitorização dos nutrientes no solo e das suas implicações na fertilidade do mesmo e, consequentemente, na redução da necessidade de desflorestação das áreas de floresta. Com efeito, as práticas agrícolas tradicionais consistem no derrube e queima da floresta tropical para proceder à agricultura. Esses campos são abandonados passados poucos anos, quando a sua

fertilidade decresce significativamente. Geralmente, quando a fertilidade dos solos se esgotava, os solos eram deixados a recuperar, em regime de “capoeira”. No entanto, a redução da área de floresta disponível para os povos indígenas, quilombolas e ribeirinhos (os povos tradicionais da Amazônia), mercê da implementação de grandes áreas de fazendas, e a transformação, por estes povos, das áreas esgotadas pela agricultura em áreas de pastagem, estão a colocar em risco os últimos santuários de ecossistemas naturais da Amazônia.

A área de estudo, à qual se refere a presente dissertação, localizou-se na comunidade quilombola do Boqueirão, que faz parte do Município de Vila Bela da Santíssima Trindade, no Estado de Mato Grosso, no Brasil. Os parceiros do projecto Guyagrofor envolvidos nesta área de estudo foram a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), no Brasil, e a Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC), em Portugal.

Capítulo I. Estado Actual dos conhecimentos

1.1 As florestas tropicais húmidas

As florestas tropicais das regiões tropicais húmidas são ecossistemas de grande fascínio para muitos cientistas devido à sua intrínseca contradição de solos de baixa qualidade cobertos por uma diversidade infindável e extraordinária de flora e fauna (Garcia, 2004; Guyagrofor, 2004; Silva 2007). Embora ocupem apenas 2% da superfície terrestre, as florestas tropicais húmidas albergam mais de 50% das plantas e animais de todo o planeta Terra (Butler, 2007; Garcia, 2004; Odum, 2001; Silva, 2007).

As florestas tropicais húmidas ocupam zonas de altitude baixa junto do equador (Figura 1), onde as quedas pluviométricas atingem os 2000-2250 mm por ano (Butler, 2007; Odum, 2001). Tal como se pode constatar pela Figura 1, estes ecossistemas encontram-se em três áreas principais: (1) as bacias do Amazonas e do Orinoco na América do Sul (a maior massa contínua) e o istmo da América Central, (2) as bacias do Congo, do Níger e do Zambeze da África Central e Ocidental e Madagascar e (3) as regiões indo-malaias de Bornéu e da Nova Guiné (Odum, 2001). Estas três áreas diferem umas das outras quanto às espécies presentes (uma vez que ocupam regiões biogeográficas distintas), embora a estrutura da floresta e a ecologia sejam semelhantes (Odum, 2001). A variação térmica que se verifica nestas regiões entre o inverno e o verão é inferior à que se verifica entre a noite e o dia (Odum, 2001).



Figura 1: Distribuição e localização das florestas tropicais húmidas no planeta, à esquerda (fonte: Butler, 2007), e um exemplo do aspecto das florestas tropicais húmidas no Brasil, à direita.

A floresta tropical húmida é altamente estratificada (Figura 2), ocorrendo, geralmente, três tipos de estratos arbóreos: (1) árvores emergentes muito altas, dispersas e que se projectam acima do nível médio do (2) estrato das copas, que forma um tapete “sempre verde” e contínuo com árvores de 24 a 30 m de altura e (3) um estrato sobcoberto que se torna denso apenas onde ocorre uma quebra

de continuidade no coberto. As camadas arbustiva e herbácea, contendo com frequência quantidades acentuadas de fetos e palmeiras, tendem a ser menos densas devido ao acentuado sombreamento, embora respondam com rapidez a qualquer abertura nos estratos superiores do coberto (Odum, 2001).

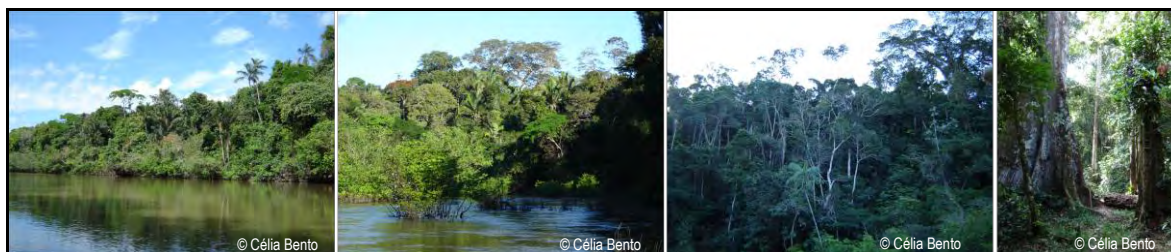


Figura 2: A floresta tropical húmida no norte do estado de Mato Grosso, Brasil.

Estes ecossistemas são caracterizados pela baixa fertilidade natural dos seus solos, facto explicado pela predominância de elevadas temperaturas e humidade nesta região (Silva, 2007). Esta condição favorece os processos de intemperismo e lixiviação originando, consequentemente, solos mais intemperizados e menos férteis (Engel, 1999; Silva, 2007).

Nestas condições de baixa fertilidade natural dos solos, a sustentabilidade destes ecossistemas está associada a uma contínua ciclagem de elementos químicos entre os organismos e o ambiente (Ricklefs, 1993). Aproximadamente há quatro décadas atrás, descobriu-se que, num ciclo bastante fechado, a maioria dos nutrientes essenciais às plantas está contida na vegetação (Bridges, 1997; Guyagrofor, 2004; Ricklefs, 1993). Estes solos tão frágeis são, então, alimentados apenas pelos contínuos materiais orgânicos (folhas, ramos, entre outros) oriundos da vegetação existente e pelos resíduos animais (Bridges, 1997; Engel, 1999; Guyagrofor, 2004). A acção dos organismos do solo e dos factores climáticos sobre este material orgânico possibilita a sua decomposição e consequente mineralização dos elementos, que se tornam passíveis de serem assimilados novamente pelas plantas (Silva, 2007). As densas raízes existentes capturam eficientemente a maioria destes nutrientes, assim que ficam disponíveis, através do processo de decomposição dos detritos vegetais e antes de se perderem nas águas de drenagem (Bridges, 1997). A interrupção deste ciclo de nutrientes, das plantas para o solo e novamente para as plantas, resulta num rápido declínio dos níveis de fertilidade do solo (Bridges, 1997; Engel, 1999; Guyagrofor, 2004).

I.1.1 A problemática da desflorestação

A floresta tropical húmida é o único ecossistema em que o fogo não constitui um factor necessário para o tipo de vegetação presente. De facto, esta floresta poderá ser definida como “floresta que nunca arde” na sua condição natural ou virgem. No entanto, o homem “abate e incendeia” no seu esforço para converter a floresta tropical húmida em áreas agrícolas ou silvopastoris (Odum, 2001).

Das convicções ambientais provavelmente mais comuns presentes na consciência humana, duas ideias ocupam um lugar de destaque: a de que as florestas são muito importantes e a de que a humanidade está a destruí-las rapidamente (Garcia, 2004).

Não há dúvida que as florestas possuem uma enorme relevância, tanto ecológica, como económica, como até social. Elas são uma fonte de bens essenciais (como madeiras, combustíveis, alimentos e matérias-primas) para uma infinidade de produtos e aplicações, cumprem importantes funções na protecção do solo contra a erosão e no controlo do ciclo hidrológico e da qualidade da água, nelas está concentrada a maior parte da biodiversidade terrestre e têm ainda um grande valor recreativo (Garcia, 2004).

No entanto, a civilização humana tem tido, desde sempre, uma relação mais antagónica do que harmoniosa com a floresta, resultando num inegável saldo negativo (Garcia, 2004). Entre o que foi cortado ou queimado e o que se regenerou ou foi plantado, a FAO calcula que o mundo perdeu 2,4% das suas florestas entre 1990 e 2000 (FAO, 2001; Garcia, 2004). Foram, em média, 8,9 milhões de hectares de árvores a menos em cada ano, uma área que equivale à superfície de Portugal, segundo comparação efectuada pelo relatório *Global Forest Resources Assessment 2000* da FAO (FAO, 2001; FAO, 2006; Garcia, 2004).

Já segundo o relatório *Global Forest Resources Assessment 2005* da FAO, as áreas de floresta no mundo continuam a diminuir, mas a velocidade de desflorestação está a abrandar (FAO, 2006). A desflorestação, que continua a dever-se principalmente à conversão das florestas em áreas agrícolas, continua a uma taxa alarmantemente elevada (cerca de 13 milhões de hectares anualmente) (FAO, 2006). No entanto, a plantação, recuperação e expansão natural de áreas florestais também têm reduzido significativamente as perdas de áreas florestais no mundo (FAO, 2006). Em média, no período de 2000 a 2005, a FAO estimou uma perda de 7,3 milhões de hectares por ano de floresta, inferior aos 8,9 milhões de hectares anuais verificados no período de 1990 a 2000 (FAO, 2006).

A maior parte da destruição florestal está a ocorrer nos trópicos. Só o Brasil foi responsável por um quarto de toda a desflorestação do mundo nos anos 90 (Garcia, 2004). Em termos continentais, porém, foi a África que registou, no período de 1990 a 2000, a maior área de floresta perdida (FAO, 2001; Garcia, 2004). Entre 2000 e 2005, a América do Sul foi o continente que sofreu a maior perda de áreas florestais – cerca de 4,3 milhões de hectares por ano – seguida da África que perdeu 4,0 milhões de hectares anualmente (Figura 3) (FAO, 2006). A Ásia, por sua vez, é palco de contrastes abissais; na década de 90 sofreu uma perda de áreas florestais de 800 000 hectares por ano – a Indonésia perdeu uma média de 1,3 milhões de hectares de árvores, mas a China, ao contrário, aumentou a sua área florestal em 1,8 milhões de hectares. No período de 2000 a 2005 registou um aumento de 1 milhão de hectares, sobretudo como resultado, mais uma vez, da reflorestação em larga escala ocorrida na China (FAO, 2001; FAO, 2006; Garcia, 2004).

Globalmente, mais de um terço de todo o tipo de florestas existentes no mundo (segundo o *State of the World's Forests 2009* da FAO, em 2005, a extensão total de áreas florestais no mundo era de cerca de 3,952 biliões de hectares – 30,3% da área global do planeta) são florestas primárias ou virgens (36,4%) (i.e., florestas de espécies nativas, nas quais não se observam vestígios visíveis e claros de intervenção humana e onde os processos ecológicos não são significativamente perturbados) (Figura 3). No entanto, cerca de 6 milhões de hectares destas florestas virgens foram perdidos ou modificados a cada ano desde 1990 e não existem dados que indiquem um abrandamento desta taxa de modificação. Este rápido decréscimo tem origem não somente na desflorestação, mas também na modificação das florestas devido ao abate de árvores selectivo, e outro tipo de intervenções humanas, que colocam as florestas virgens na categoria de florestas naturais modificadas (FAO, 2006).

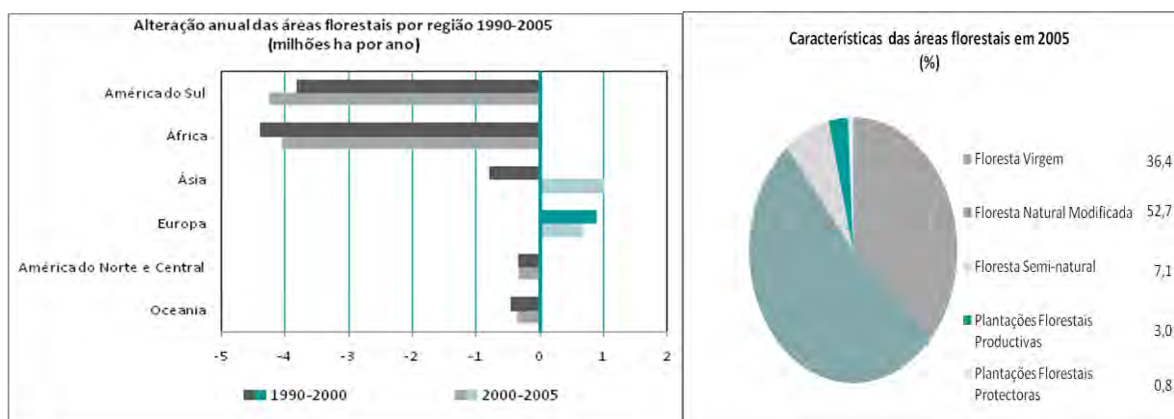


Figura 3: Evolução das áreas florestais, em milhões de hectares por ano, por continentes, nos períodos de 1990-2000 e 2000-2005 (à esquerda) e características das áreas florestais em 2005 (à direita) (Adaptado de FAO, 2006).

Segundo Garcia (2004), e como já foi referido anteriormente, as maiores taxas de destruição do coberto florestal do mundo estão a ocorrer nas florestas tropicais e, segundo Butler (2007), as principais causas dessa destruição ou desflorestação são a extracção de madeira, a sua conversão em áreas agrícolas ou de pastagem, para a criação de gado, e a construção de estradas.

Na África, Ásia e América do Sul a extracção madeireira ocorre, sobretudo, para uso doméstico (móveis, construção de casas, utensílios de usos diversos, queima, entre outros) (Butler, 2007) e/ou comercial. A extracção para efeitos comerciais é, ainda assim, a que provoca efeitos deveras destrutivos nas florestas tropicais húmidas. Embora a extracção de madeira possa ser conduzida de uma forma sustentável, reduzindo assim os danos causados ao ecossistema, na maioria das vezes, esta actividade ocorre de forma destrutiva (Butler, 2007).

A conversão das florestas tropicais húmidas em áreas agrícolas, sobretudo para o plantio de soja, ou áreas de pastagem para a pecuária bovina, particularmente na Amazónia e no Brasil, destroem também milhares de quilómetros de floresta anualmente (Butler, 2007). Segundo Garcia (2004) e a FAO (2006), o avanço da agricultura é tido como um dos principais factores para a desflorestação e, segundo o *State of the World's Forests 2003* da FAO, na maior parte dos países onde a agricultura se está a expandir, a floresta está a regredir.

A construção de estradas pavimentadas e não-pavimentadas é, também, uma das grandes causas da desflorestação das florestas tropicais húmidas. A abertura de estradas para a retirada de madeiras nobres facilita o acesso a áreas até então virgens, promovendo a sua destruição para o uso agrícola ou para áreas de pasto, para a criação de gado. No Brasil, a construção da rodovia transamazónica resultou na destruição de grandes áreas de floresta amazónica por colonizadores, madeireiros e especuladores de terra. Na África, a abertura de estradas para a extracção de madeira facilitou o acesso aos caçadores de animais selvagens, para a venda da carne aos habitantes das cidades (Butler, 2007).

A riqueza faunística também diminuiu drasticamente; pesquisas têm mostrado que o número de espécies encontradas nas florestas tropicais exploradas é muito mais baixo do que o número encontrado em florestas que ainda não sofreram acções de origem antrópica (Butler, 2007). Segundo Butler (2007), este facto deve-se sobretudo à caça de animais nativos para alimentação e/ou venda nas cidades (sobretudo em África) e à incapacidade que muitas espécies têm para sobreviver em ambientes perturbados.

Outro factor a ter em conta é o crescimento demográfico; o aumento das populações tradicionais leva ao aumento da extracção de madeira para queima, utensílios, construção de casas, entre outros. Exemplo disso é as florestas existentes ao redor dos campos de refugiados na África Central (Ruanda e Congo), que foram completamente despidas de todas as suas árvores em algumas áreas. É importante não esquecer também que as florestas tropicais húmidas se encontram nas áreas mais pobres do planeta. As pessoas que moram dentro e em volta destes ecossistemas necessitam da floresta e dos seus recursos para sobreviver. As condições de pobreza, por vezes extrema, e a falta de opções de vida levam estas comunidades tradicionais a realizar trabalhos de extracção de recursos das terras florestadas e que são pagos por grandes empresas (Butler, 2007).

Segundo o *State of the World's Forests 2009* da FAO, as principais causas de desflorestação continuam a ser: na Ásia, a expansão agrícola, incluindo a produção de matérias-primas para os biocombustíveis, e a extracção de madeira; na América do Sul, a criação de gado e a produção agrícola para alimentação, forragens e biocombustíveis, para dar resposta aos elevados preços dos alimentos e combustíveis; e na África, o aumento de investimentos em infra-estruturas, que leva à abertura de novas áreas florestais, a conversão em áreas agrícolas permanentes de pequena escala e o investimento externo em áreas agrícolas permanentes de larga escala, devido ao crescimento demográfico e à subida de preços dos alimentos e energia, a extracção de madeira e a abertura de estradas, que facilitam a abertura de novas áreas para uma agricultura de subsistência ou até comercial (FAO, 2009).

1.2 A República Federativa do Brasil

O território brasileiro ocupa cerca de 8,5 milhões de quilómetros quadrados, quase metade (47%) da área da América do Sul, e é constituído por um distrito federal, 26 estados e 5 563 municípios (Figura 4) (Governo Federal, 2005-2007). Marcado por uma grande diversidade cultural, o Brasil é o quinto país mais populoso do mundo, com mais de 180 milhões de habitantes (2004), onde 81% da população reside em áreas urbanas (Governo Federal, 2005-2007).



Figura 4: Localização do Brasil na América do Sul (esquerda) e seus 26 estados (direita) (Adaptado de <http://www.lib.utexas.edu/maps/americas.html> e de <http://www.ondehospedar.com.br/>).

O país retém 20% da biodiversidade do mundo (Governo Federal, 2005-2007) e é constituído por seis tipos principais de biomas (Figura 5): a Amazônia, o Cerrado, a Mata Atlântica, a Caatinga, a Pampa e o Pantanal (IBGE, 2004).

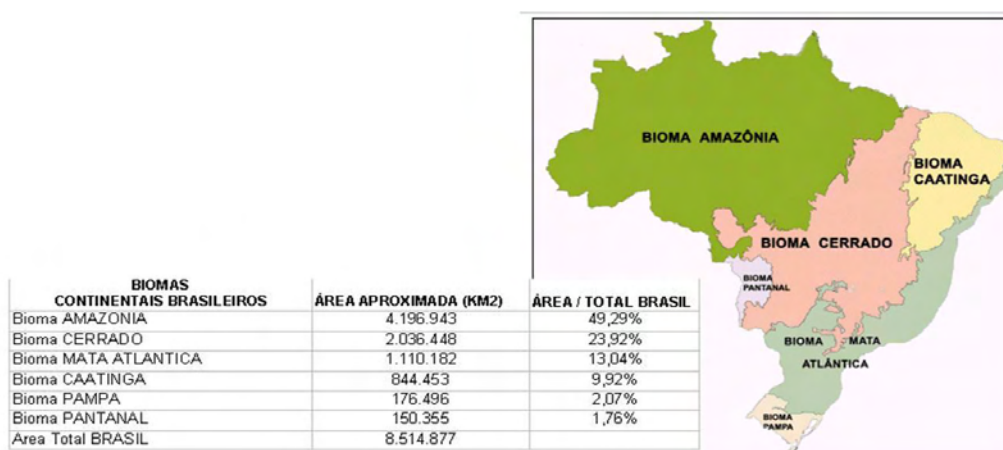


Figura 5: Principais biomas continentais do Brasil e a área ocupada por cada bioma (Adaptado de IBGE, 2004).

A Amazônia é o maior bioma brasileiro e é, também, a maior reserva de diversidade biológica do mundo. Ocupa quase metade do território nacional (49,29%), enquanto o Cerrado, que é o segundo maior bioma brasileiro, ocupa 23,92% do território. A bacia amazônica ocupa 2/5 do continente sul-americano e a sua área (de aproximadamente 6,5 milhões de km²) alberga a maior rede hidrográfica do planeta, escoando cerca de 1/5 do volume de água doce do mundo. 60% da bacia amazônica localiza-se em território brasileiro, ocupando a totalidade de cinco estados (Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima), uma grande parte do estado de Rondônia (98,8%), mais de metade do estado de Mato Grosso (54%) e partes dos estados do Maranhão (34%) e Tocantins (9%) (IBGE, 2004).

O Cerrado, tal como já foi referido anteriormente, é a segunda maior formação florestal do Brasil, concentrado na região Centro-Oeste e abrangendo ainda parte das regiões Nordeste, Norte e Sudeste (Juhász *et al.*, 2006). Este bioma ocupa, assim, a totalidade do Distrito Federal, grande parte dos estados de Goiás (97%) e Tocantins (91%), mais de metade dos estados do Maranhão (65%), Mato Grosso do Sul (61%) e Minas Gerais (57%), mais de um terço do estado de Mato Grosso (38% - Moreno & Higa, 2005) e partes de outros cinco estados (IBGE, 2004). Esta formação florestal, que ainda cobre cerca de dois milhões de km² da superfície do território nacional, tem sido rapidamente destruída e substituída pela agricultura e silvicultura (Juhász *et al.*, 2006).

1.2.1 O Estado de Mato Grosso

Mato Grosso (Figura 6) é o terceiro estado com maior área do Brasil (aproximadamente 903 358 Km² (IBGE, s.d.)), fazendo parte da região Centro-Oeste do país e encontrando-se nele o centro geodésico do continente sul-americano (Moreno & Higa, 2005). A capital do estado é Cuiabá, é constituído por 141 municípios e uma população estimada de 2 854 642 habitantes (2007), ou seja, uma densidade populacional de 3,16 habitantes/km² (IBGE, s.d.).



Figura 6: Localização do estado de Mato Grosso no Brasil (fonte: www.mato-grosso.net).

Graças à sua extensa área, este estado encerra uma grande variedade de ambientes físicos e biogeográficos, encontrando-se nele três dos seis principais biomas brasileiros – Amazônia, Cerrado e Pantanal –, mas com o seu património genético pouco conhecido e aproveitado (Moreno & Higa, 2005).

Caracterizado por um relevo pouco acidentado, Mato Grosso apresenta, segundo a classificação de Ross (1996), três tipos de unidades geomorfológicas: os planaltos, as depressões e as planícies. Dentro destas unidades foram identificadas cinco grandes categorias, que se encontram igualmente compartimentadas em sub-unidades: planaltos (1) em bacias sedimentares, (2) em intrusões e coberturas residuais de plataforma e (3) em cinturões orogénicos, (4) depressões periféricas e marginais e (5) planícies e pantanais (Moreno & Higa, 2005; Ross, 1996).

O estado do Mato Grosso é igualmente caracterizado por uma homogeneidade climática, apresentando, segundo a classificação de Koppen, climas do tipo: tropical húmido (Af) – geralmente quente e chuvoso, com 1 a 3 meses secos e ocorrendo na porção setentrional, na área de mata de

transição e floresta tropical; tropical semi-húmido (Aw) – também designado por clima de savana, quente, com uma estação seca de 4 a 5 meses e uma estação chuvosa bem demarcadas e ocorrendo na porção centro-sul e em trechos do pantanal; e subtropical húmido (Cwa) – também designado por tropical de altitude, com temperaturas do mês mais quente acima de 22°C e ocorrendo no extremo sul, em áreas com altitudes de 800m (Miranda & Amorim, 2001; Moreno & Higa, 2005).

O estado de Mato Grosso pertence actualmente à Amazônia Legal, assim como os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão (Figura 7). Esta região, denominada de Amazônia Legal, foi criada através da Lei nº 5 173/66, para fins de planeamento governamental da região amazônica brasileira, em que a Sudam (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) actua numa área delimitada de cerca de 5 milhões de km² (61% do território brasileiro) (Moreno & Higa, 2005).



Figura 7: Estados pertencentes à Amazônia Legal (fonte: <http://mandiocadomara.blogspot.com>).

O estado apresenta uma localização privilegiada pelo facto de ser um território fronteiriço internacional e por fazer parte da Amazônia brasileira. Confere-lhe, assim, a condição de espaço estratégico, ao qual tem sido atribuído um papel relevante nos planos de desenvolvimento nacional e de integração sul-americana (Moreno & Higa, 2005).

Devido à importância geopolítica e económica reconhecida desde o tempo colonial, Mato Grosso começou a ser explorado de forma mais intensa a partir da segunda metade do século XX e, a partir da década de 1970, os estímulos recebidos através de diversos programas federais e estaduais para a ocupação do território transformaram-no rapidamente num dos maiores produtores agro-pecuários do país (Moreno & Higa, 2005).

Mato Grosso é igualmente um produtor de importantes recursos minerais tais como o ouro, os diamantes, o calcário e a água mineral (uma vez que o estado é bastante rico em reservas de água doce e com um grande potencial hídrico), maioritariamente explorados por empresas multinacionais (Barrozo, 2008; Moreno & Higa, 2005).

É, actualmente, um estado de grande diversidade cultural, mas que era habitado por diferentes povos indígenas desde tempos imemoriais. A expansão e construção do território capitalista no país tornaram Mato Grosso palco de grandes conflitos, geralmente dotados de grande violência e de destruição dos territórios indígenas (Barrozo, 2008; Moreno & Higa, 2005). O processo de ocupação do território deste estado, para a abertura de projectos agro-pecuários e de projectos de colonização privados e oficiais, particularmente no norte mato-grossense, teve por base o processo de “grilagem” (ou seja, o processo de posse ilegal de “terras devolutas” – i.e., propriedades que nunca pertenceram a uma entidade particular, mesmo estando ocupadas – através da falsificação de documentos) (Moreno & Higa, 2005). Apesar disso, Mato Grosso conta ainda com pelo menos 60 diferentes terras indígenas identificadas, demarcadas ou regularizadas e com uma população indígena total de aproximadamente 20 000 pessoas, ocupando uma área total de 130 146 km², dados de 1998 (Miranda & Amorim, 2001).

1.2.2 Situação Actual

A economia do Brasil é a mais forte de todos os países da América do Sul, possuindo sectores agrícolas, de exploração mineira, industriais e de serviços amplos e bem desenvolvidos e com expansão para os mercados internacionais (Guyagrofor, 2004). A cadeia produtiva agrícola e pecuária corresponde ao sector mais dinâmico no comércio internacional, mantendo o Brasil entre os países com maior produtividade neste campo desde há duas décadas (Governo Federal, 2005-2007).

Na última década do século XX, o estado do Mato Grosso, tendo a agropecuária como um dos pilares de sustentação da sua economia, passou a destacar-se como uma importante unidade exportadora agropecuária do país, comercializando os seus produtos para os mais distantes países do mundo e articulando-se com a economia global. Além dos produtos agro-pecuários, o estado também tem exportado produtos madeireiros e minerais (Moreno & Higa, 2005).

Devido a esta expansão, áreas que até recentemente eram destinadas à criação extensiva de gado bovino, actualmente são grandes produtoras de fibras (algodão), grãos (milho, soja) ou cana-de-açúcar. Áreas de florestas tropicais foram e continuam a ser progressivamente convertidas em áreas de cultivo mecanizado de alimentos ou em pastagens plantadas para a criação de gado bovino (Figura 8). A abertura de rodovias federais e estaduais facilitou a ocupação das terras de

forma indiscriminada (Figura 8). As áreas preferenciais para a agricultura mecanizada de grãos são os cerrados, com relevo pouco inclinado ou praticamente plano. O cerrado transformou-se, assim, em extensas áreas de cultivo de soja, milho e, mais recentemente, de algodão. Em grande parte das áreas de Depressões, as actividades agrícolas e de pastagem para a criação de gado intensificaram. Pode-se considerar, portanto, que grande parte do território estadual se encontra, actualmente, fortemente modificado pelas actividades humanas dos últimos 40 anos, fruto dos programas, projectos e planos dos governos federais e estaduais voltados unicamente para uma política de planeamento para o desenvolvimento económico, sem uma preocupação com a equidade social e o equilíbrio ambiental (Barrozo, 2008; Moreno & Higa, 2005).



Figura 8: Exemplos da contribuição da abertura de rodovias na expansão económica e desflorestação das áreas de floresta tropical húmida, no noroeste de Mato Grosso, Brasil.

Devido a todos estes processos de modificação do território, nos últimos anos, uma parte importante da biodiversidade nas regiões amazónicas e, em especial, no estado de Mato Grosso, tem sido perdida, fruto da modernização do modelo agrícola escolhido (Guyagrofor, 2004). Segundo o relatório *Global Forest Resources Assessment – Country reports: Brazil* da FAO (2005), a área de floresta amazónica, no Brasil, sofreu uma redução de cerca de 22,3 milhões de hectares entre 1990 e 2005, tendo ocorrido 39,4% desta redução entre 2000 e 2005. Segundo este mesmo relatório da FAO (2005), o Cerrado (conjuntamente com as áreas de pantanal) sofreu também uma perda de área de cerca de 16,5 milhões de hectares entre 1990 e 2005, 33,8% dos quais se perderam entre 2000 e 2005. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (s. d.), 2,8 milhões de hectares de floresta foram derrubados na Amazônia Legal (através de corte raso, i.e., remoção total da cobertura vegetal) em 2003-2004. Segundo ainda o INPE (s. d.), esta taxa de desflorestação na Amazônia Legal por corte raso tem vindo a diminuir desde 2003-2004, atingindo cerca de 1,2 milhões de hectares de desflorestação em 2006-2007, com um ligeiro aumento em 2007-2008 (cerca de 1,3 milhões de hectares de floresta derrubada por corte raso). Em 2008-2009, o INPE registou o menor índice de desflorestação da Amazônia Legal desde que se iniciou a monitorização espacial da floresta amazónica brasileira, em 1988, com uma desflorestação estimada de cerca de 0,7 milhões de hectares (INPE, s. d.; INPE, 2009). Mato Grosso foi o estado que apresentou o maior

índice de desflorestação entre 2001 e 2005, sendo o mais devastado quer em termos absolutos, quer em termos relativos. Em 2003, 30,75% da sua área total tinha sido desflorestada, ocorrendo os maiores índices de desflorestação na região norte do estado, de domínio da floresta amazónica e de ocupação mais recente (INPE, 2009; Moreno & Higa, 2005). Entre 2006 e 2009, foi o estado do Pará quem apresentou o maior índice de desflorestação da Amazônia Legal, seguido do estado de Mato Grosso, com o segundo maior índice (INPE, 2009). Contudo, segundo o INPE (2009), a taxa de desflorestação, em termos absolutos, do estado de Mato Grosso tem vindo a decrescer desde 2004, indicando uma redução de 65% em 2008-2009.

As ameaças ao equilíbrio dos biomas no estado de Mato Grosso são, assim, bastante acentuadas e preocupantes, ainda que a taxa de desflorestação se encontre a diminuir. De entre outros motivos, estas ameaças estão principalmente relacionadas com (Moreno & Higa, 2005):

- o elevado índice de substituição da vegetação nativa e a desflorestação desordenada, que levam a grandes perdas de biodiversidade florística e faunística e comprometendo o meio ambiente e a saúde da população;
- o crescimento desordenado, com impactos negativos consideráveis ao meio ambiente e à saúde da população (necessitando, por esta razão, de ordenamento territorial urgente);
- a estrutura fundiária baseada em latifúndios e a produção agrícola voltada para a monocultura;
- o uso de defensivos agrícolas na actividade agropecuária e o processo de urbanização, que conduzem à contaminação dos recursos hídricos e à poluição do ar e do solo;
- a diminuição da vazão e extinção de mananciais hídricos.

Capítulo II. Os sistemas agro-florestais (SAF's)

A agricultura é tida como uma das actividades humanas que mais impactes gera no ambiente. As áreas de fronteira agrícola expandem-se, geralmente, de forma bastante rápida, substituindo a vegetação natural por paisagens antrópicas menos complexas (Peneireiro *et al.*, s. d.).

As árvores são quase sempre vistas como um obstáculo que impede o progresso e o crescimento das plantações numa paisagem agrícola e, por esta razão, o homem coloca-se frequentemente à margem da natureza, agindo sobre ela de forma destrutiva (Engel, 1999; Peneireiro *et al.*, s. d.). Mas, mesmo quando se preocupa com as questões ambientais, o ser humano olha para a natureza e meio ambiente de forma fragmentária, separando a paisagem em áreas de conservação, como os parques e reservas, que devem ser intocadas e mantidas no seu estado natural “puro” ou virgem e em áreas para produção, completamente modificadas, onde geralmente ocorre destruição ou degradação dos recursos naturais (Peneireiro *et al.*, s. d.).

Para que a sustentabilidade na agricultura, visando igualmente a conservação dos recursos naturais, seja possível, a paisagem tem de ser vista como um todo e de forma integrada, respeitando e compreendendo as condicionantes e o ritmo da própria natureza. Sobretudo, o ser humano precisa sentir que é parte desta natureza e que depende muito mais dela do que realmente tem consciência (Peneireiro *et al.*, s. d.).

Neste contexto, surgem então os sistemas agro-florestais (SAF's) como um novo paradigma do desenvolvimento sustentável que, se bem geridos, podem ser uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas e para a reposição florestal de áreas abertas que foram utilizadas para a agricultura itinerante (ou agricultura de corte e queima, como também é designada). Estes sistemas podem ainda permitir a agricultura permanente, facilitando a produção de várias culturas numa mesma área e por períodos prolongados no tempo, sem o recurso ao fogo ou a fertilizantes e com retorno a curto, médio e longo prazo (Engel, 1999; Peneireiro *et al.*, s. d.). Segundo Engel (1999), os SAF's não se constituem, por si só, como a melhor forma de uso da terra, mas a mais adequada em muitas situações onde se pretende aliar a produção com a conservação ambiental.

Vários são os conceitos encontrados para definir um sistema agro-florestal (SAF). No entanto, os conceitos encontrados pouco diferem de autor para autor. Assim, SAF's são sistemas sustentáveis de uso da terra que combinam, de maneira simultânea ou em sequência, a produção de cultivos agrícolas com plantações de árvores frutíferas e/ou florestais e/ou com animais, utilizando a mesma

unidade de terra e aplicando técnicas de gestão que são compatíveis com as práticas culturais da população rural, aumentando e otimizando a produção, e nos quais existem interações ecológicas e económicas entre os componentes lenhosos e não lenhosos do sistema (Engel, 1999; May *et al.*, 2008; Peneireiro *et al.*, s. d., Young, 1991).

Os SAF's são também designados pelo termo agrossilvicultura, sendo este último considerado, igualmente, uma ciência que se desenvolveu a partir da década de 1970, quando as principais hipóteses das funções das árvores sobre os solos tropicais foram desenvolvidas, e principalmente aquando da criação de instituições internacionais destinadas à investigação agro-florestal, como o International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) (Engel, 1999).

Segundo Fernandes & Nair (1986), este conceito implica, assim, que a introdução de espécies lenhosas, no sistema, seja feita de forma deliberada, que duas ou mais espécies de plantas ou animais estejam sempre presentes, sendo no mínimo uma lenhosa, que haja sempre dois ou mais produtos, que o ciclo seja sempre superior a um ano e que, mesmo o sistema mais simples, seja sempre mais complexo ecológica e economicamente que as monoculturas.

Os SAF's têm como principal objectivo otimizar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão pelo uso da terra para a produção agrícola. Áreas de vegetação secundária, sem expressão económica e social, podem ser reabilitadas e usadas racionalmente por meio de práticas agro-florestais (Engel, 1999).

II.1 Tipos de sistemas agro-florestais

Os sistemas agro-florestais têm sido classificados de acordo com a sua estrutura espacial, com o seu desenho no tempo, com a importância relativa e a função dos diferentes componentes, com os objectivos de produção e com as características socioeconómicas predominantes (Engel, 1999; Peneireiro *et al.*, s. d.).

Segundo Engel (1999) e Peneireiro *et al.* (s. d.), os SAF's são classificados num primeiro nível como sequenciais, simultâneos ou complementares:

a) Sistemas agro-florestais sequenciais: as culturas agrícolas anuais e as plantações de árvores sucedem-se no tempo. Nesta categoria incluem-se os sistemas de agricultura migratória (também designada como agricultura itinerante ou de corte e queima), com intervenção e manejo de áreas de

pousio (denominadas “capoeiras”), os sistemas silvo-agrícolas rotativos (áreas de pousio melhoradas com espécies arbóreas de rápido crescimento); o sistema “taungya” (culturas anuais consorciadas apenas temporariamente com árvores, durante os primeiros anos de implantação);

b) Sistemas agro-florestais simultâneos: integração simultânea e contínua de culturas anuais e perenes, árvores para fins madeireiros ou de uso múltiplo e/ou pecuária. Estes sistemas incluem associações de árvores com cultivos anuais ou perenes, hortos caseiros mistos (pomares) ou quintais agro-florestais, sistemas agrossilvopastoris, associações de árvores com pastos (ênfatisando a produção animal) e pastoreio em plantações florestais e frutíferas (ênfatisando a produção vegetal).

c) Sistemas complementares ou de cercas vivas e cortinas quebra-vento: fileiras de árvores para delimitar uma propriedade ou gleba ou servir de protecção (contra o vento, o fogo ou o gado) para outros componentes e outros sistemas. São considerados complementares às outras duas categorias, pois podem estar associados a sistemas sequenciais ou simultâneos.

Nos sistemas sequenciais, os componentes arbóreos e não-arbóreos encontram-se, pelo menos parcialmente, separados no tempo, alternando-se períodos de culturas anuais com pousio. Nos sistemas simultâneos, os componentes agro-pecuários e florestais encontram-se sempre presentes numa mesma unidade espacial (Engel, 1999).

II.2 Os sistemas agro-florestais – uma solução para a redução da desflorestação?

Durante algum tempo, as práticas agrícolas aplicadas no Brasil proporcionaram um incremento na produtividade (Silva, 2007). Segundo Silva (2007), entre os anos de 1950 e 1984, a produção de grãos cresceu substancialmente, elevando a produção por pessoa, em média, em 40%. Contudo, segundo ainda este autor, desde 1984, tem-se assistido a um decréscimo anual dessa produção e as causas associadas a esta queda estão ligadas, em parte, à seca, à redução da fertilidade do solo, à erosão, entre outras.

Esta diminuição da capacidade produtiva do solo e a sua degradação tem, geralmente, como consequência, a necessidade de desflorestação de novas áreas e tem ocasionado a ocupação desordenada do solo, em resultado do crescimento demográfico e do aumento das necessidades de uso da terra. Como consequência, observa-se o êxodo rural, a concentração da renda e da posse

da terra, e a persistência dos ciclos de pobreza dos pequenos agricultores, nos países tropicais (Engel, 1999).

Dentro deste contexto, é essencial o desenvolvimento de novos modelos baseados no uso sustentável dos recursos naturais, através de técnicas agrícolas que reduzam os impactos negativos associados e que melhor se adequem às condições edafoclimáticas das regiões tropicais (Engel, 1999; Silva, 2007). Segundo Silva (2007), práticas como a mobilização mínima, sementeira directa e adubação verde têm obtido resultados positivos a médio e longo prazo.

Os sistemas agro-florestais (SAF's) são, frequentemente, mencionados como um tipo de agricultura sustentável mais adequado às condições edafo-climáticas da Amazónia. No entanto, estudos a longo prazo, no que respeita à sustentabilidade destes tipos de sistemas de uso do solo, são ainda escassos (Guyagrofor, 2004).

Segundo Engel (1999), os SAF's podem contribuir para a solução de problemas no uso dos recursos naturais, dadas as funções biológicas e socioeconómicas que podem cumprir. Segundo este mesmo autor, a presença de árvores no sistema traz benefícios directos e indirectos, tais como, o controlo da erosão e a manutenção da fertilidade do solo, o aumento da biodiversidade, a diversificação da produção e o prolongamento do ciclo de gestão de uma área.

Os sistemas agro-florestais tradicionais são uma prática comum das comunidades tradicionais indígenas e quilombolas (entre outras), que vivem há centenas de anos nas florestas tropicais. Nestes sistemas agro-florestais tradicionais eram necessários ciclos rotativos de 25 a 30 anos para que ocorresse a regeneração e recuperação dos solos. Na última década, a investigação em sistemas agro-florestais proporcionou novos conhecimentos sobre o papel da actividade biológica do solo na fertilidade dos solos tropicais. A sustentabilidade dos SAF's depende fortemente do tipo de manejo efectivo da fertilidade do solo, o qual, por sua vez, representa um papel essencial no desenvolvimento de estratégias de manejo sustentáveis (Guyagrofor, 2004).

Alguns projectos de investigação direccionados ao estudo da fertilidade do solo em sistemas agro-florestais têm sido desencadeados por institutos brasileiros em áreas experimentais. Outros estudos têm sido desenvolvidos à escala do pequeno agricultor. Alguns destes trabalhos têm, portanto, mostrado que os sistemas agro-florestais são considerados um sistema agrícola sustentável e têm bons potenciais socioeconómicos (Guyagrofor, 2004).

Os sistemas agro-florestais têm-se mostrado também eficientes na recuperação de áreas degradadas (Fávero *et al.*, 2008). Segundo Fávero *et al.* (2008), os SAF's, ao serem implantados e conduzidos sob os princípios da agroecologia, além de serem produtivos, podem recuperar áreas degradadas devido às melhorias que promovem nas condições do solo e pelas interações positivas entre os seus componentes. No entanto, a recuperação de áreas degradadas através de SAF's, na perspectiva agroecológica, pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies (Fávero *et al.*, 2008). Para que isso ocorra, é fundamental que se compreenda o funcionamento do ecossistema original e se efectue, depois, a replicação dos processos que ocorrem naturalmente através da introdução de espécies de interesse no SAF, de acordo com a lógica sucessional (Fávero *et al.*, 2008; Peneireiro, 2007).

A introdução de espécies leguminosas em SAF's apresenta vantagens adicionais uma vez que estabelecem a simbiose com bactérias fixadoras de azoto atmosférico (Fávero *et al.*, 2008). Resultados de pesquisas indicaram que o plantio de espécies leguminosas beneficia igualmente a regeneração natural de espécies nativas (Chada *et al.*, 2004; Fávero *et al.*, 2008).

Os sistemas agro-florestais podem, portanto, servir como uma das possíveis soluções ao combate à desflorestação das florestas tropicais amazônicas e do cerrado, pelo menos à escala do pequeno agricultor, acarretando benefícios ambientais e socioeconómicos.

Capítulo III. Caso de estudo: A comunidade quilombola do Boqueirão

O presente trabalho procura estudar o impacto da introdução de leguminosas de ciclo curto na sustentabilidade de sistemas agro-florestais, do tipo quintais agro-florestais, através da monitorização dos processos de água e nutrientes no solo e suas implicações na fertilidade do solo. Para este efeito, a área de estudo escolhida foi a comunidade quilombola do Boqueirão, que pertence ao município de Vila Bela da Santíssima Trindade, no estado de Mato Grosso, Brasil.

Este trabalho é parte integrante do projecto Guyagrofor e pretende verificar se os sistemas agro-florestais melhorados através da introdução de novas técnicas de manejo do solo poderão ser uma solução aos problemas de fertilidade do solo, tendo em vista a redução da desflorestação das florestas tropicais húmidas que ocorre no seio das comunidades tradicionais indígenas e quilombolas. Espera-se que, com a aplicação de técnicas de manejo alternativas, a fertilidade dos solos melhore e, conseqüentemente, se obtenha uma melhoria na produção agrícola, uma maior sustentabilidade ambiental dos ecossistemas e uma melhoria das condições socioeconómicas destas comunidades tradicionais.

III.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na comunidade quilombola do Boqueirão, que fica situada entre os rios Guaporé e Alegre e que pertence ao município de Vila Bela da Santíssima Trindade, no sudoeste do estado de Mato Grosso (15°00'29 S de latitude e 29°57'02 W de longitude) (Figura 9) (UFMT, 2006). Pertence, assim, à mesorregião do Sudoeste Mato-grossense e à microrregião do Alto Guaporé (Miranda & Amorim, 2001).

O município de Vila Bela da Santíssima Trindade abrange uma área de 13 631 km² e uma população de 13 886 habitantes, dados de 2007 (IBGE, s. d.). Encontra-se a uma distância de 521 km de Cuiabá, a capital do estado de Mato Grosso, e os acessos ao município são realizados por rodovias federais e estaduais (UFMT, 2006). A área deste município fica inserida na bacia hidrográfica do rio Guaporé, que é um afluente do rio Madeira; este, por sua vez, escoia para o rio Amazonas, sendo um importante afluente da bacia hidrográfica amazónica, no estado de Mato Grosso (UFMT, 2005a). Segundo Moreno & Higa (2005) e o IBGE (2004), a região faz parte integrante da Amazônia Legal, assim, como todo o estado de Mato Grosso.

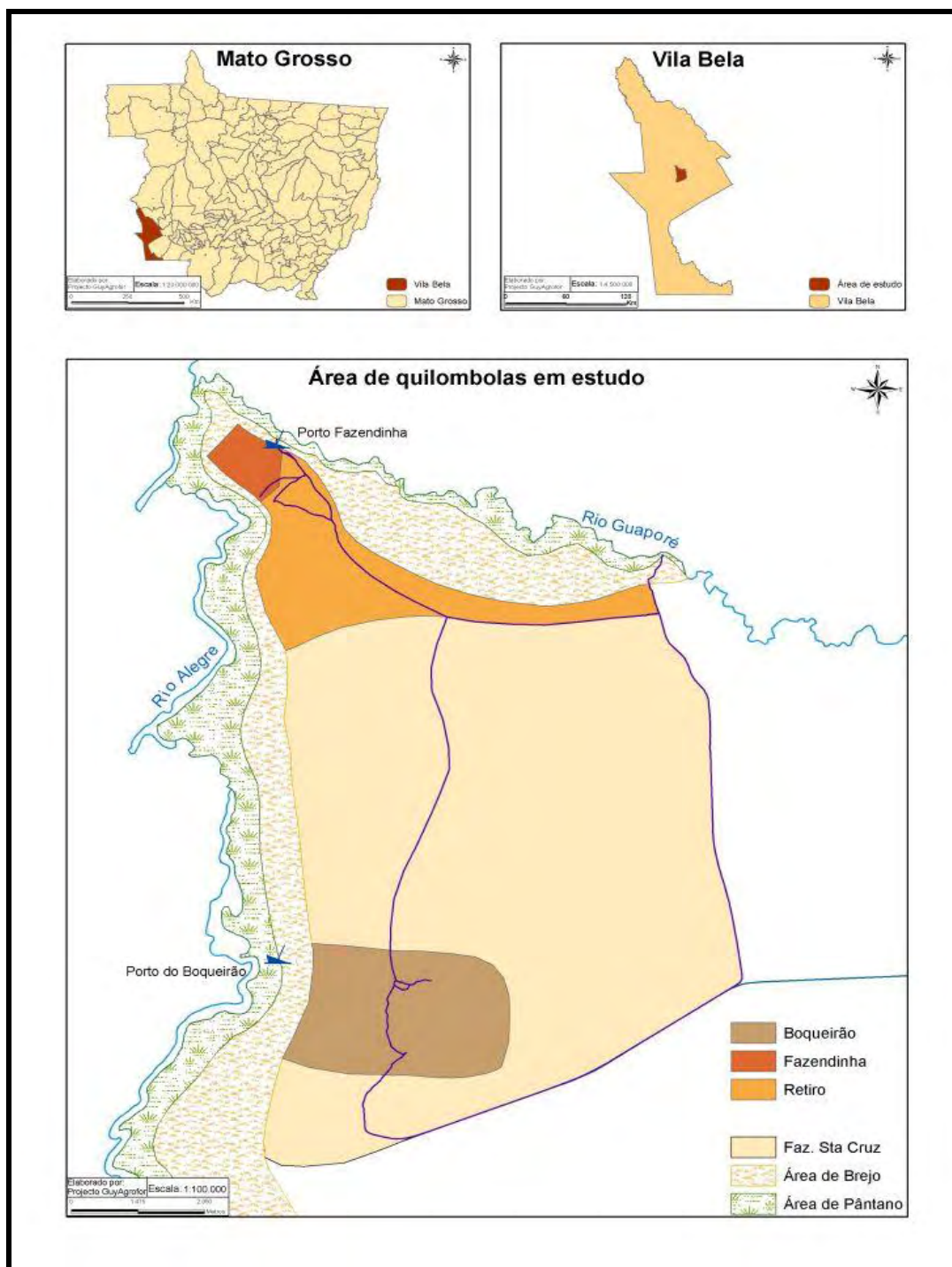


Figura 9: Localização da área de estudo (comunidade quilombola do Boqueirão) no Município de Vila Bela da Santíssima Trindade e no estado de Mato Grosso, Brasil (Fonte: Ferreira *et al.*, 2006).

A cidade de Vila Bela da Santíssima Trindade, situada na margem direita do rio Guaporé, foi fundada em 1752 pelos portugueses, tendo sido a primeira capital do estado de Mato Grosso. Antes deste período, a região, tal como toda a região da bacia amazônica, era habitada, desde os primórdios, por populações indígenas. Os portugueses e seus descendentes, bem como os

escravos trazidos de África, foram deslocados para as margens do rio Guaporé com o intuito de impedir o avanço espanhol. Ainda no século XVIII, o problema dos limites das terras portuguesas e espanholas foi resolvido, através do Tratado de Madrid, em 1750. Simultaneamente, ocorreu o esgotamento das minas que se situavam nas cabeceiras dos rios da margem direita do Guaporé, levando à retirada da maioria da população branca. Perante este cenário, os quilombolas foram-se apropriando, aos poucos, do núcleo urbano, bem como das terras e instalações deixadas pelos portugueses, pelo que a terra de quilombo passou a ser constituída pelos “sítios” (termo utilizado, no Brasil, para designar uma propriedade rural e que é, geralmente, menor que uma fazenda) e pela própria cidade de Vila Bela da Santíssima Trindade (UFMT, 2006).

A comunidade quilombola do Boqueirão distribui-se por uma área de cerca de 1525 hectares e encontra-se em processo de demarcação legal. Actualmente, vivem 7 famílias nesta comunidade e os seus habitantes pertencem a uma associação denominada “ACOREBELA” – Associação Comunidade Rural Negra de Vila Bela da Santíssima Trindade (UFMT, 2006).

Até 2007, o acesso da cidade de Vila Bela à comunidade era, geralmente, realizado pelo Rio Alegre, através de um barco adquirido pela associação. Actualmente, o acesso é realizado por estradas de terra batida, devido à nova ponte inaugurada em 2006, embora as estradas permaneçam inundadas em certos trechos, durante períodos longos, na época das chuvas; nestas alturas, o acesso é efectuado por barco ou por autocarro escolar que passa dentro da Fazenda Santa Cruz que circunda a comunidade.

A região onde a comunidade se insere é denominada, no Mato Grosso, por Alto Guaporé, uma vez que compreende as áreas mais a montante do Rio Guaporé (em direcção à sua nascente) e o sudoeste mato-grossense, em virtude da sua localização geográfica relativamente ao território do estado (UFMT, 2005a).

A principal actividade económica desta comunidade é a agricultura (“roça”, horta, frutíferas) e a criação de gado (pasto comum e natural). Existe, com uma expressão mais reduzida, a produção de artesanato, a colheita de frutos e plantas medicinais e a pesca (matrinchá, pintado, tucunaré, lobó (ou traira), piranha, entre outras espécies). Quase todos os seus trabalhos são em prol da sua subsistência, não existindo a necessidade de produzir muito mais para além disso (Almeida, 2005). A comercialização dos seus produtos é pouco frequente e, quando ocorre, é apenas com as pessoas da cidade. Geralmente, limitam-se a trocar entre eles e, por vezes, com familiares residentes na cidade.

III.1.1 Caracterização biofísica

III.1.1.1 Geomorfologia

A região onde se insere a área de estudo apresenta, quanto à geomorfologia, três formações principais: (i) as planícies e pantanais do Alto Guaporé, (ii) a depressão do Guaporé e (iii) os planaltos residuais e serras do Guaporé (Miranda & Amorim, 2001; UFMT, 2006).

A geomorfologia da área em estudo é caracterizada apenas por duas das formações referidas: as planícies e pantanais do Alto Guaporé e a depressão do Guaporé. No entanto, sofre alguma influência dos planaltos residuais e serras do Guaporé (Figura 10) (Miranda & Amorim, 2001; Moreno & Higa, 2005).



Figura 10: Planícies e pantanais da área de estudo, com uma lagoa sazonal, e a Serra Ricardo Franco, visível, ao fundo.

As formações de planícies e pantanais do Alto Guaporé correspondem às áreas de acumulação inundáveis e às planícies fluviais existentes ao longo do curso do Rio Guaporé e seus afluentes. Estas áreas são bastante extensas, topograficamente planas e com altimetrias que variam entre os 180 e os 220 m. São drenadas pelos Rios Guaporé, Alegre e Barbado; contudo, o Rio Alegre é o afluente do Guaporé de maior porte e que afecta directamente a comunidade em estudo. O escoamento das águas pluviais e fluviais, nestas áreas da comunidade, é dificultado, devido ao relevo predominantemente plano e às características hidromórficas do solo. Originam-se, assim, áreas permanentemente inundáveis, baías (lagoas) e áreas inundáveis por longos períodos (Figura 10), cujo alagamento só desaparece por infiltração e evaporação (Moreno & Higa, 2005; UFMT, 2005a).

A depressão do Guaporé é delimitada pelas planícies e pantanais do Rio Guaporé, de terrenos mais elevados, que envolvem as planícies, estendendo-se ao longo do rio. É caracterizada por uma superfície abatida, aplanada e conservada, entre altitudes de 200 a 250 m, com predomínio de formas de relevo levemente convexas. O gradiente topográfico decresce suavemente em direcção à planície do rio Guaporé. Nas regiões mais baixas desta depressão ocorrem relevos predominantemente planos e conservados, periodicamente inundáveis, drenadas pelo curso do Rio Guaporé e por alguns dos seus afluentes, como os rios Alegre e Barbado. Nestas áreas estão

presentes formas de acumulação que passam parte do ano recobertos por uma lâmina de água (Moreno & Higa, 2005; UFMT, 2005a).

Os planaltos residuais e serras do Guaporé são caracterizados por planaltos residuais descontínuos, de relevos inclinados e dispersos entre a depressão do Guaporé e as planícies e pantanais do Alto Guaporé. Tendo uma influência indirecta sobre a área de estudo, correspondem às Serras Ricardo Franco, da Borda e Santa Bárbara, a noroeste, nordeste e sudeste da área de estudo, respectivamente (Moreno & Higa, 2005).

III.1.1.2 Geologia

Do ponto de vista geológico, a área de estudo e a região envolvente são caracterizadas por rochas do tipo cristalinas. No que respeita à estrutura geológica, a área de estudo insere-se nas bacias sedimentares do paleozóico, mesozóico e cenozóico do Guaporé, podendo sofrer influência da área do arqueozóico e proterozóico do escudo amazónico (Miranda & Amorim, 2001).

As planícies e pantanais do Alto Guaporé são constituídos por sedimentos areno-argilosos da formação sedimentar Guaporé, ou seja, areias, limos e sedimentos areno-argilosos parcialmente laterizados (Moreno & Higa, 2005).

III.1.1.3 Clima

O clima predominante da área de estudo é, segundo a classificação de Köppen, do tipo 'Aw' – tropical de Savana, quente e semi-húmido – e, segundo a classificação de Strahler, do tipo Tropical Seco-húmido, com 4 a 5 meses secos (Miranda & Amorim, 2001; Moreno & Higa, 2005).

Para ser possível uma caracterização mais pormenorizada do clima da área de estudo, recorreu-se aos dados climatológicos da estação meteorológica de Cáceres, no estado de Mato Grosso, uma vez que é a estação mais próxima da comunidade e que apresenta características semelhantes. Desta forma, segundo a normal climatológica do período de 1961-1990 desta estação (Tabela 1), a área de estudo apresenta uma temperatura média anual de cerca de 25°C, uma temperatura média mínima de cerca de 20°C e uma temperatura média máxima de cerca de 33°C. A precipitação anual é de, aproximadamente, 1350 mm (podendo variar entre 1300-1500mm (UFMT, 2006)), a humidade relativa média ronda os 80% e a evaporação total anual é de cerca de 950 mm.

A comunidade é, igualmente, caracterizada por uma estação seca e uma estação húmida bem definidas (Tabela 1 e Figura 11):

- Estação seca – ocorre geralmente entre os meses de Maio e Setembro, com uma temperatura média que varia entre os 21 e os 25°C, uma precipitação mensal normalmente inferior a 50 mm e uma humidade relativa que varia entre os 71 e os 77%;
- Estação húmida – ocorre geralmente entre os meses de Outubro e Abril, com a temperatura média mensal a sofrer poucas variações, encontrando-se entre os 26-27°C, com cerca de 87% da precipitação total a ocorrer neste período, sendo os meses de Dezembro e Janeiro os que apresentam, normalmente, maiores valores de precipitação mensal, e com a humidade relativa sempre superior a 80%.

Tabela 1: Características climáticas da área de estudo, de acordo com a normal climatológica de 1961-1990, da estação meteorológica de Cáceres-MT (Adaptado de INMET, 2007).

Normal Climatológica 1961 - 1990		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Precipitação (mm)	Total	263,2	182,1	169,6	104,4	48,2	27,5	24,1	26,0	51,3	78,2	155,6	218,1	1348,3
	Máxima Diária	95,0	78,6	87,4	83,5	63,4	56,4	54,0	63,0	53,0	66,0	78,2	105,4	105,4
Temperatura (°C)	Média	26,4	26,3	26,5	26,8	25,0	21,8	21,6	22,9	24,8	27,0	26,7	26,5	25,2
	Média Mínima	22,5	23,6	21,9	21,0	18,9	16,4	15,6	16,9	19,8	21,6	22,6	22,8	20,3
	Média Máxima	32,3	33,9	32,3	34,2	32,8	29,7	30,9	32,3	32,8	32,5	35,2	34,2	32,8
	Mínima Absoluta	14,0	12,0	11,5	1,0	3,0	2,5	2,0	1,3	9,2	9,8	13,1	18,0	1,0
	Máxima Absoluta	37,3	37,6	36,5	36,8	35,8	35,2	36,0	38,3	39,0	39,0	38,9	39,8	39,8
Humidade Relativa (%)		84,1	85,0	80,9	84,5	83,2	83,4	76,5	73,1	71,0	76,8	80,5	84,9	80,4
Evaporação Total (mm)		58,5	52,2	59,8	62,9	66,9	67,6	91,5	112,1	110,1	115,8	87,1	65,4	949,9

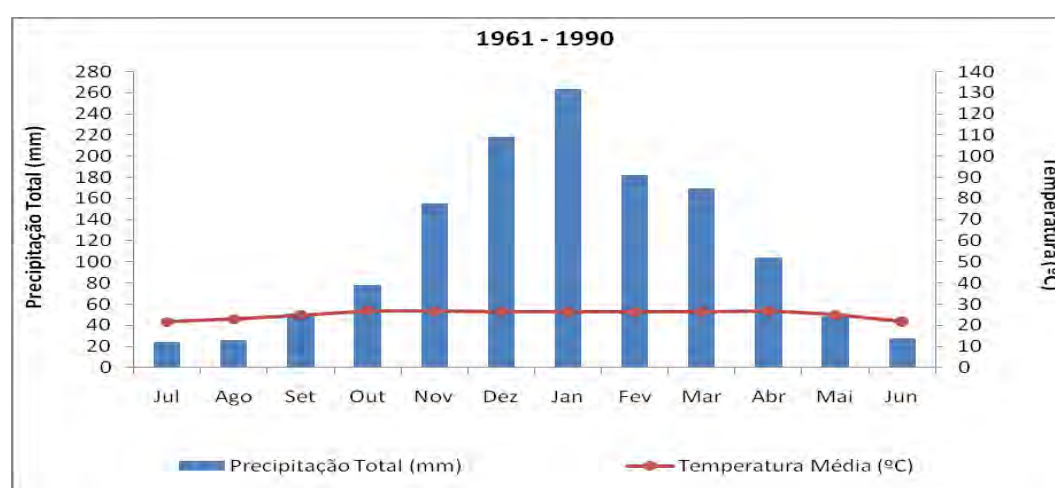


Figura 11: Diagrama ombrotérmico de Gaussen na estação meteorológica de Cáceres-MT, para o período de 1961-1990.

III.1.1.4 Solos

Os principais tipos de solos que ocorrem na região são os latossolos amarelos, podzólicos vermelho-amarelos, plintossolos, gleys pouco-húmicos, solos litólicos e afloramentos rochosos (nas formações dos planaltos residuais e serras) (UFMT, 2006). A área de estudo, segundo o mapa de solos apresentado por Miranda & Amorim (2001), parece apresentar solos majoritariamente do tipo:

- gleissolos – ocorrem em áreas mais próximas às margens do Rio Alegre, de origem em solos minerais hidromórficos, pouco desenvolvidos, sem horizonte B e com presença de horizonte glei; são solos pouco profundos, de cor acinzentada, textura arenosa a muito argilosa, mal ou muito mal drenados (encharcados) e de relevo plano (terraços fluviais de grandes rios, áreas abaciadas e depressões);
- plintossolos – encontram-se nas áreas de “campo nativo” (áreas de savana/cerrado cobertas majoritariamente por gramíneas), de origem em solos minerais hidromórficos, com horizonte plíntico logo após o horizonte A; são solos rasos ou pouco profundos, de cores pálidas mosqueadas com cores alaranjadas e avermelhadas, textura arenosa a argilosa, imperfeitamente a mal drenados e com alagamento periódico.

Ainda de acordo com o mapa de solos de Mato Grosso apresentado por Miranda & Amorim (2001), as áreas de floresta virgem presentes na área de estudo (mais elevadas) apresentam solos planos a ondulados que poderão ser do tipo:

- luvisolos – de origem em solos minerais não hidromórficos, com horizonte B textural e distinta individualização dos horizontes; são solos pouco profundos a profundos, com cores que vão do vermelho ao amarelo, por vezes acinzentado, textura média a argilosa, bem a imperfeitamente drenados;
- latossolos – de origem mineral não hidromórfica, com horizonte B latossólico e pouca diferença entre os horizontes; são solos muito evoluídos, profundos a muito profundos, com cores que vão do amarelo ou acinzentado ao vermelho escuro acinzentado, textura média a argilosa, fortemente a bem drenados;

Estes últimos dois tipos de solos não estão representados no mapa de solos de Miranda & Amorim (2001) como fazendo parte do espaço específico da comunidade em estudo, talvez devido à reduzida dimensão da sua área, mas encontram-se representados nas áreas envolventes.

De acordo com um estudo realizado por Bento (2006) na comunidade quilombola do Boqueirão, que teve por objectivo o estudo da fertilidade dos solos nos seus diferentes usos, a área de estudo apresenta, de uma forma geral, solos cuja textura varia de grosseira (areno-franca a franco-arenosa) a mediana (franco-argilo-arenosa). São solos ácidos, deficientes em fósforo, com teores de matéria orgânica e capacidade de troca catiónica médios (Bento, 2006).

III.1.1.5 Hidrografia

Os rios da região da área de estudo são afluentes da bacia hidrográfica Amazónica, pertencendo à sub-bacia secundária do Rio Guaporé, que por sua vez faz parte da sub-bacia principal do Rio Madeira (Miranda & Amorim, 2001; Moreno & Higa, 2005). Apesar de pertencer à bacia amazónica, a região da comunidade em estudo é divisora das bacias hidrográficas Amazónica e Platina. A Serra de Santa Bárbara, situada a sudeste da sede do município de Vila Bela, e também da comunidade em estudo, faz a divisão de água das duas bacias (UFMT, 2005a).

Situados nas áreas próximas das comunidades em estudo, existem dois sistemas hidrográficos distintos, referentes aos rios da bacia Amazônica, e que se encontram relacionados com as formações geomorfológicas desta região (UFMT, 2005a):

- Sistema Hidrográfico de Planície ou Pantanal do Guaporé – formado pelos Rios Barbado e Guaporé, possui uma rede de drenagem rarefeita, com numerosas lagoas e baías colmatadas e/ou em processo de colmatção; o Pantanal tem como canal preferencial de drenagem o Rio Barbado e alguns afluentes, principalmente da margem direita;
- Sistema Hidrográfico de Terras Elevadas ou Planaltos – formado pelos Rios Barbado (curso médio e superior), Alegre, Aguapeí, Córrego das Pedras e Minuto, este sistema tem alta densidade de drenagem e encaixe nas estruturas geológicas.

A comunidade quilombola do Boqueirão encontra-se localizada entre os Rios Guaporé e Alegre, sofrendo, contudo, maior influência do Rio Alegre, uma vez que este se encontra mais próximo da área. O Rio Alegre é, assim, o sistema fluvial utilizado para diversas actividades, nomeadamente a pesca e o deslocamento da população até à cidade de Vila Bela, através do uso de barco.

III.1.1.6 Vegetação

Independentemente do critério de caracterização ambiental adotado, a região da área de estudo é marcadamente uma área de encontros de regiões ecológicas distintas, encontrando-se classificada e descrita de diferentes formas, em termos de vegetação, e de acordo com diferentes critérios, por diversos autores. O mapa de vegetação da América do Sul (UFMT, 2006) apresenta a área de estudo e sua envolvente como uma área de florestas tropicais e sub-tropicais húmidas. Miranda & Amorim (2001) incluem a comunidade em estudo no bioma cerrado (embora bastante próximo da transição do bioma cerrado para o bioma pantanal) e caracterizam o tipo de vegetação como fazendo parte da floresta amazônica do tipo estacional semidecidual e de áreas de tensão ecológica, onde ocorre contacto entre diferentes tipos de vegetação. Moreno & Higa (2005) já determinam a área de estudo majoritariamente nos domínios biogeográficos das florestas (estacionais semidecíduais) e do pantanal, mas também com forte influência do cerrado. O IBGE (2004) inclui a região no bioma amazônia, mas constituída por diferentes tipos de vegetação.

No entanto, de acordo com a observação em campo, esta região é dominada por vegetação de cerrado, com presença de ilhas florestais (denominadas “cerradão” ou “mata alta”) ou florestas estacionais, incluindo, também, áreas húmidas (o “pantanal do Rio Barbado”) e regiões equatoriais, sobretudo galerias florestais ao longo dos cursos de água, que se assemelham mais à floresta amazônica que à floresta de cerrado (UFMT, 2006).

As formações descritas a seguir correspondem às formações dominantes na região da comunidade em estudo, incluindo as antrópicas:

- Cerrado (Savana) – formação vegetal que apresenta como uma das suas principais características a presença de dois estratos bem diferenciados: o primeiro estrato é lenhoso, composto por espécies arbóreas e arbustivas, geralmente retorcidas, com folhas coriáceas ou com superfície pilosa ou cerosa, casca bastante rugosa (corticosa) e dotadas, muitas das espécies, de órgãos subterrâneos de reserva (xilopódios); o segundo estrato é formado por gramíneas. Este tipo de vegetação está associado a solos com alta concentração de alumínio, pobres em nutrientes e é típico de climas tropicais estacionais, com a estação chuvosa entre Outubro e Abril e uma precipitação média anual de cerca de 1500 mm (Moreno & Higa, 2005; UFMT, 2005a);

- Floresta Estacional – é um tipo de vegetação também marcado por uma sazonalidade climática pronunciada. Difere do Cerrado por ter, predominantemente, a componente arbórea bem

desenvolvida. Na época da seca, a decomposição da matéria orgânica pode ser reduzida em virtude da caducifolia das espécies arbóreas, acumulando matéria orgânica seca. A floração e a frutificação ocorrem nos intervalos entre a estação seca e a chuvosa, com uma porção significativa das espécies apresentando dispersão anemocórica. Estas florestas ocorrem sobre solos mais férteis, favoráveis à agricultura, o que tem provocado a sua destruição para dar lugar a pastagens e lavouras. Estas alterações ambientais podem ser observadas no município de Vila Bela e também na comunidade em estudo, onde grandes e pequenos agricultores têm convertido as áreas de mata em pastagens plantadas (UFMT, 2005a);

- Áreas de Tensão Ecológica – são áreas onde se encontram domínios fitogeográficos distintos, ou seja, caracterizam-se pela interpenetração de formações de diferentes regiões fitoecológicas. Podem ocorrer na forma de encaves (i.e., uma formação encontra-se dentro da outra, guardando as suas entidades ecológicas, sem se misturarem) e de ecótonos (i.e, ocorre mistura das espécies das formações envolvidas e a identidade ecológica/vegetacional é definida pela composição específica resultante desta mistura). Na região específica do presente trabalho ocorre o contacto entre a Savana e a Savana Estépica (vegetação chaquenha), com espécies características destes dois ambientes em áreas planas inundáveis, mas também entre a floresta estacional e o “campo” (savana gramíneo-lenhosa) ou o “cerradão” (savana florestada) (UFMT, 2005a);

- Áreas Antrópicas – são áreas de ampla intervenção humana. Caracterizam-se pela ocorrência de actividades agrícolas, pecuárias e de extracção vegetal e mineral. Na área da comunidade quilombola do Boqueirão, a principal actividade é a pecuária extensiva e, ainda, alguma agricultura. A exploração madeireira de mogno (*Swietenia macrophylla*) e amburana (*Torresea acreana*) já teve lugar ao redor e dentro da comunidade, em áreas de Floresta Estacional (UFMT, 2005a).

III.1.1.7 Uso actual do solo

No que respeita ao uso actual do solo, a comunidade quilombola do Boqueirão apresenta extensas áreas pantanosas e de “campo” ou cerrado, como é habitualmente denominado, e que corresponde às áreas de savana gramíneo-lenhosa, compreendendo grande parte da área total da comunidade. Devido ao seu relevo quase plano, durante a estação húmida, grande parte da área de “campo” permanece completamente inundada. Simultaneamente, ainda existe uma extensa área de floresta natural (ou “mata alta”, como é geralmente designada localmente) que pode ser considerada ainda

fazenda circunda a comunidade em toda a volta, excepto a oeste devido à presença do Rio Alegre – ver Figura 9 no sub-capítulo III.1).

A Figura 13 apresenta a evolução da desflorestação na comunidade em estudo e envolvente, no período de 2004 a 2009.

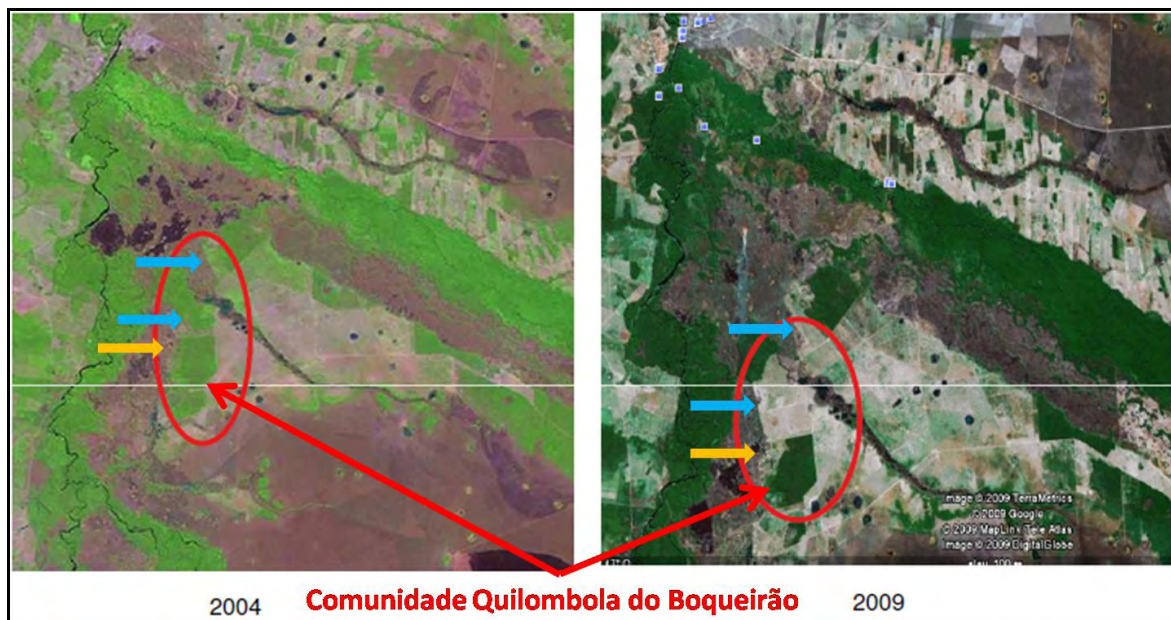


Figura 13: Evolução da desflorestação dentro da comunidade quilombola do Boqueirão e na área envolvente, no período de 2004 a 2009.

Actualmente, apenas a área identificada com setas vermelhas na Figura 13 corresponde à comunidade quilombola do Boqueirão, mas toda a área demarcada com círculo vermelho nesta mesma figura era área de quilombo. As setas azuis indicam as áreas que foram vendidas à Fazenda Santa Cruz e as setas a laranja indicam áreas que pertencem ainda ao quilombo. Todas estas áreas eram de floresta em 2004, sendo, actualmente, áreas de pasto para criação de gado.

Até cerca de uma década atrás, a utilização de uma agricultura de subsistência fazia parte de uma das principais actividades da comunidade e a criação de gado era pouco significativa. A população desta comunidade vivia praticamente isolada; o acesso à cidade de Vila Bela era feito pelo rio, com canoas a remo, ou a cavalo até à margem do Rio Guaporé, onde, depois, atravessavam o mesmo com o cavalo (na época seca) ou de canoa (na época das chuvas).

Após a criação da associação ACOREBELA, as suas condições de vida começaram a melhorar e, conseqüentemente, as necessidades financeiras também começaram a aumentar. O acesso à cidade começou a ser realizado por barco a motor, adquirido pela associação. A criação de gado

começou a aparecer de forma mais acentuada e a tornar-se uma fonte de rendimento e o abandono da agricultura começou a surgir, ainda que continuasse a ser a principal actividade.

A partir de 2003, as famílias começaram a receber uma “cesta básica” (que consistia sobretudo em produtos alimentares de primeira necessidade), conseguida igualmente pela associação, em resultado do programa “Fome Zero” do governo federal.

No mesmo ano de 2003, o governo federal lançou também o programa “Luz para todos”. Através, mais uma vez, da associação, a energia passou a ser então uma realidade a partir de Janeiro de 2006, assim como o acesso terrestre à cidade de Vila Bela, que também passou a ser possível a partir de Julho de 2006, graças à construção de uma nova ponte sobre o Rio Guaporé.

Estes dois últimos acontecimentos permitiram uma grande melhoria da qualidade de vida a vários níveis, assim como a possibilidade pessoal e familiar de novos sonhos e objectivos de vida. O aparecimento da energia permitiu a aquisição de arcas frigoríficas e frigoríficos para a conservação de alimentos, extinguindo-se a necessidade de secar a carne e comer somente carne seca e peixe. A televisão tornou-se um bem considerado essencial a adquirir, transformando-se também num meio para conhecer “o mundo exterior”.

O acesso ao ensino fundamental e ensino médio tornou-se também uma realidade para todos (crianças e adultos), desde 2007, devido à disponibilização de um autocarro pela prefeitura de Vila Bela da Santíssima Trindade e ao programa de combate ao analfabetismo promovido pelo governo. A expansão da telefonia móvel e o acesso à internet (apenas na cidade) começaram a fazer parte do quotidiano desta comunidade tradicional. A aquisição do seu próprio meio de transporte (geralmente motociclo) e de uma casa de tijolo começaram, também, a ser objectivos familiares.

A alteração do tipo de vida, dos hábitos, das actividades desenvolvidas e, consequentemente, uma independência familiar cada vez maior, devido ao novo acesso por via terrestre e ao aparecimento de energia eléctrica, foi cada vez mais notória e acentuada entre 2006 e 2009. Contudo, estes avanços e, sobretudo, o acesso terrestre estão a conduzir a um abandono cada vez maior da agricultura para dar lugar a áreas de pasto para a criação de gado e produção diária de leite, sendo considerado actualmente o maior e mais constante rendimento familiar, necessário para pagar as contas de energia, que passaram a existir, e os bens adquiridos. De referir, no entanto, que este abandono da agricultura já era observado anteriormente, sobretudo devido ao aparecimento de pragas, mas também ao maior rendimento familiar já nessa altura associado à venda de gado,

sobretudo para a Fazenda Santa Cruz. A agricultura passou a existir apenas em pequenas hortas cercadas, próximas das habitações, e nos quintais agro-florestais; apenas o cultivo de milho ainda permanece como actividade agrícola, devido a hábitos gastronómicos tradicionais ainda existentes. O aluguer de serviços de maquinaria pesada para a abertura de novas áreas de floresta é cada vez mais frequente, em detrimento do uso da técnica tradicional de corte e queima que, além de exigir maior mão-de-obra, também exige mais tempo e esforço físico. Além disso, a abertura de novas áreas de floresta é, cada vez mais, para a formação directa de novas áreas de pasto; nalguns casos, é plantado milho no primeiro ano, passando a área de pastagem no segundo ano. As “capoeiras” tendem a desaparecer, assim como as áreas de floresta nativa.

III.2 O sistema agrícola tradicional e os quintais agro-florestais tradicionais

Os agricultores da região desenvolveram estratégias de uso dos recursos naturais observando os ciclos pronunciados de cheias e seca e as especificidades de condições ambientais da região. Assim, os agricultores estão condicionados a aspectos naturais que lhes permitem desenvolver estratégias em relação aos seus sistemas agrícolas (UFMT, 2005b).

Os ciclos de inundação da região têm um papel importante no cultivo e na criação do gado, na pesca, na colheita de frutos das áreas naturais, na caça e noutras actividades produtivas dos agricultores. As tomadas de decisão têm sempre em consideração este aspecto bastante marcante do lugar. O calendário dos agricultores é marcado pelas estações seca e chuvosa (UFMT, 2005b).

As actividades agrícolas dos quilombolas do Boqueirão estão ligadas ao cultivo de “roças” (áreas agrícolas) e quintais agro-florestais tradicionais. Todas as áreas actualmente utilizadas para agricultura, pastagem ou outro tipo de actividades foram áreas de floresta. Para a utilização destas áreas de floresta, os quilombolas recorriam habitualmente às técnicas de corte e queima. Esta técnica consiste no derrube das árvores e corte do mato, sendo depois tudo queimado para possibilitar a utilização da terra para agricultura ou pastagem. As árvores de grande porte são geralmente utilizadas para a construção de cercas e casas, para lenha ou são vendidas. Esta técnica começa, no entanto, a entrar em desuso devido à utilização cada vez maior de máquinas e tractores que realizam o derrube da floresta num menor período de tempo, diminuindo também a mão-de-obra que geralmente é escassa, como já se referiu anteriormente.

Sistema Agrícola Tradicional

A actividade de “roças” da comunidade quilombola consiste na agricultura itinerante. Tradicionalmente, o ciclo de abertura da mata alta, plantio e regeneração florestal podia durar vários anos. As áreas de “roças” abertas na mata eram utilizadas durante cerca de 4 anos. Depois deste período, as áreas deixavam de ser cultivadas e dava-se início ao processo de regeneração florestal, isto é, as áreas agrícolas eram abandonadas e iniciava-se o regime de “capoeira” (pousio) durante 15-20 anos. Com a diminuição do espaço disponível, sobretudo devido à instalação da Fazenda Santa Cruz há cerca de 30 anos, as “capoeiras” passaram a ser usadas em intervalos de tempo cada vez mais curtos. Actualmente, uma nova realidade é observada, ou seja, em muitos casos, a regeneração florestal deixou de ocorrer e o ciclo passou a ter um novo estágio – a formação de pastagens. Esta parte do ciclo inicia-se já no plantio do milho, aquando da abertura de novas “roças”. A partir do momento em que o milho alcança a altura de 1 metro, os agricultores plantam as sementes de capim para a formação do pasto. Alguns agricultores relatam que o plantio de capim para pasto se iniciou por volta do ano 2000, o que indica que a única fonte de alimentação para o gado era o campo nativo (savana gramíneo-lenhosa) (UFMT, 2005a).

As actividades para a formação das “roças” iniciam-se antes do início da época de chuvas, ainda no mês de Agosto, no qual se inicia o calendário de cultivo. O derrube da mata é feito com o uso de motosserra durante os meses de maior incidência de vento, o que facilita o trabalho dos agricultores. A queima do material orgânico, resultante do corte para a abertura de uma nova área, ocorre geralmente no mês de Setembro. O plantio inicia-se pouco antes da estação chuvosa ou logo após o início desta. A colheita vai depender da cultura plantada e da necessidade de consumo do agricultor (UFMT, 2005a). A Tabela 2 apresenta um calendário agrícola da comunidade quilombola, de acordo com o período de chuvas e o período seco da região.

As principais culturas que eram utilizadas na “roça” eram a mandioca (*Manihot esculenta* C.), o milho (*Zea mays* L.), o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), o arroz (*Oryza sativa* L.), a batata (*Ipomoea batatas* P.), o amendoim (*Arachis hypogea* L.), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e também a abóbora (*Curcubita* sp.) (UFMT, 2005a). Actualmente, quase só se cultiva milho em áreas de “roça”. O calendário de cultivo destas espécies está apresentado na Tabela 3.

Tabela 2: Calendário agrícola utilizado na comunidade quilombola do Boqueirão (Adaptado de UFMT, 2005a).

		Meses											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Estação	Seca												
	Húmida												
Actividades Agrícolas	Corte												
	Queima												
	Plantio												
	Colheita												

Tabela 3: Calendário de cultivo das principais espécies utilizadas na roça, no Boqueirão (Fonte: UFMT, 2005a).

		Meses											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Espécies e variedades cultivadas	Mandioca												
	Milho - plantio												
	Milho - colheita												
	Feijão (4 meses) - plantio												
	Feijão (4 meses) - colheita												
	Feijão (60 dias) - plantio												
	Feijão (60 dias) - colheita												
	Arroz - plantio												
	Arroz - desbaste												
	Arroz - colheita												
	Batata - plantio												
	Batata - colheita												
	Amendoim - plantio												
	Amendoim - colheita												
	Cana-de-açúcar - plantio												
	Cana-de-açúcar - colheita												

Quintais agro-florestais tradicionais

Os quintais agro-florestais tradicionais, ou simplesmente quintais, são áreas de cultivo que se localizam próximo da habitação do agricultor. Designam-se por quintais agro-florestais devido ao grande número de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas que constituem o sistema. Podem ser definidos como áreas com práticas de uso da terra que envolvem o manejo de árvores e arbustos de múltiplo uso em associação íntima com culturas agrícolas anuais e perenes e animais, dentro dos componentes das moradias individuais, sendo que a unidade 'crop-tree-animal' é intensivamente gerida pela mão-de-obra familiar (Nair, 2006; Pinho, 2008) e, segundo Nair (2006), são classificados como o tipo de SAF que apresenta a maior diversidade vegetal.

Os quintais não seguem o ciclo regenerativo comum das áreas de "roça". Estes sistemas são mantidos através de policultura e do despejo e/ou queima dos resíduos orgânicos domésticos (alimentos, vegetais, cinzas oriundas dos fogões de lenha, entre outros) (UFMT, 2005b).

São várias as espécies presentes neste tipo de sistemas na comunidade quilombola do Boqueirão, mas as mais comuns são: a mandioca (*Manihot esculenta*), o milho (*Zea mays*), o amendoim (*Arachis hypogea*), a laranja (*Citrus spp.*), a lima (*Citrus spp.*), o urucum ou corante (*Bixa orellana*), a graviola (*Annona muricata*), a pocã (*Citrus spp.*), a cana-de-flecha (usada na confecção de flechas para captura de peixe), o ingá (*Inga edulis*), a banana (*Musa spp.*), o cajá-manga (*Spondia lutea*), o bacupari (palmeira), o cajueiro (*Anacardium occidentale*), a seriguela, o jenipapo, a mamona (usada na confecção de óleo para passar no cabelo), a manga (*Manguifera indica*) e a pimenta (*Capsicum spp.*).

As actividades desenvolvidas para a manutenção destes quintais variam de acordo com a estação do ano. Devido ao clima tropical, a área em estudo é caracterizada por uma época de chuvas (de Novembro a Abril) e uma época seca (de Maio a Outubro), que delimita o tipo de práticas agrícolas nos quintais. Assim, no início da época das chuvas (meados de Novembro) a terra é capinada¹ para o plantio de rama de mandioca, abacaxi, abóbora, melancia, entre outras. Após a replantação de algumas espécies, a terra costuma ser capinada aproximadamente uma vez por mês, até ao término da época de chuvas (meados de Abril), pois o crescimento de infestantes devido à queda de precipitação é bastante rápido.

Na época seca não é necessário capinar porque a quase inexistência de precipitação não permite o desenvolvimento de infestantes. No início desta época (final de Abril), é realizada a limpeza das árvores para que estas abram mais um pouco e para evitar os mosquitos. Muitas mudas (plantas que são produzidas em viveiros e são depois transplantadas para o terreno, em local definitivo) costumam morrer nesta época devido à ausência da prática de rega das mesmas, ou seja, a única disponibilidade de água para as plantas ocorre apenas quando há queda de precipitação.

Antes da entrada do projecto Guyagrofor na comunidade, a tendência era capinar, juntar e queimar o material orgânico resultante das infestantes e da limpeza do terreiro em redor da habitação (este material orgânico raramente era deixado a decompor no solo). O motivo desta prática devia-se a questões culturais (o terreiro e o quintal eram vistos como estando “sujos”) e de segurança (a acumulação de materiais orgânicos é um “chamariz” a cobras venenosas).

¹ Capinar: o mesmo que sachar.

Relativamente ao aparecimento de pragas, quer nas “roças”, quer nos quintais agro-florestais, foram relatadas pelos agricultores algumas espécies, nomeadamente a “cigarrinha” e o “cupim” (térmitas), que atacam a cana-de-açúcar, o “tatú-galinha” (*Dasypus novemcinctus*) (Figura 15), o “tatú-peba” (*Euphractus sexcinctus*), o “cateto” ou “porcão-do-mato” (*Tayassu tajacu*), o “macaco-prego”, os papagaios e os periquitos, que atacam o milho, o arroz e a mandioca, as galinhas e alguns pássaros denominados “biro-biro” (Figura 14), “gralha” e japú, que atacam as frutíferas, sobretudo o abacaxi



Figura 15: Tatú-galinha (*Dasypus novemcinctus*).



Figura 14: Fruto do abacaxi atacado por aves (à esquerda e centro) e uma das pragas que come este fruto, o “biro-biro” (à direita).

(Figura 14), a laranja, o mamão, a goiaba, entre outras, e o “cascudo”, que é um insecto, que ataca as raízes do “coco-da-baía” quando este se encontra no seu estágio de crescimento inicial.

Os quilombolas desta comunidade não utilizam fertilizantes químicos, dado o seu preço elevado, mas é comum utilizarem estrume de galinha nas hortas à volta das casas. Não são utilizados herbicidas nos quintais agro-florestais, mas os herbicidas “roundup” ou “tordon” nas roças ou nas pastagens, para eliminar as infestantes, são por vezes utilizados por algumas pessoas. O pesticida mais comum é o insecticida denominado “barrage” (Figura 16) que é utilizado para eliminar a “cigarrinha”, o “cascudo” e o “cupim”, além de servir para remover carraças dos animais.



Figura 16: Insecticida utilizado na comunidade de estudo.

III.2.1 Impactes ambientais, económicos e sociais

Qualquer actividade de origem antrópica origina impactes sobre o ambiente, assim como impactes económicos e sociais. A actividade agrícola itinerante praticada por esta comunidade e o uso de quintais agro-florestais tradicionais (embora este último de forma mais reduzida) ocasiona, de igual forma, impactes económicos, sociais e ambientais. Os principais impactes associados a estas práticas são (adaptado de Peneireiro *et al.*, s. d.):

- Ambientais: perda da fertilidade do solo em poucos anos (até 4), inexistência de uma camada de matéria orgânica, vida no solo escassa, grande quantidade de infestantes, aparecimento de pragas,

poluição atmosférica devido ao uso frequente de queimadas controladas e pressão sobre as áreas de floresta primária devido à necessidade constante de abertura de novas áreas;

- Econômicos: grande procura de mão-de-obra, baixo desenvolvimento e produção das plantas, inexistência de propostas concretas para a comercialização e escoamento dos produtos produzidos, substituição da floresta primária por áreas agrícolas e pastagens, substituição de áreas agrícolas por áreas de pasto;

- Sociais: falta de informação sobre a prática de boas técnicas de gestão das culturas, consequência da ausência de assistência técnica e de pessoas formadas nesta área, vias de acesso para o escoamento dos produtos precárias e ausência de transportes, distância aos grandes centros consumidores elevada.

III.3 Metodologia

A metodologia que se apresenta neste sub-capítulo subdivide-se em duas partes principais: a primeira parte descreve a metodologia utilizada para a implementação dos sistemas agro-florestais a testar com novas técnicas de manejo e apresenta as principais actividades de manejo utilizadas nos SAF's, a segunda parte descreve a metodologia utilizada para a monitorização das áreas experimentais, em termos de nutrientes no solo, para o estudo do impacte das estratégias implementadas e, também, a metodologia para a monitorização da cobertura do solo por manta morta e vegetação e o número e tipo de espécies presentes nos SAF's, para o período de pesquisa de 2007 a 2009.

III.3.1 Implementação de SAF's conjugando as técnicas de manejo tradicionais quilombolas com técnicas de manejo alternativas

O trabalho de investigação decorreu na comunidade quilombola do Boqueirão, nos quintais agro-florestais tradicionais de duas famílias (ou Unidades Produtivas – UP's). As estratégias de manejo utilizadas nos quintais (descritas no sub-capítulo III.2), por estas famílias, promovem a associação de espécies arbóreas,



Figura 17: Quintal agro-florestal da Unidade Produtiva São João.

arbustivas e herbáceas, sobretudo, plantas frutíferas, medicinais, agrícolas, simbólicas e ornamentais, com alguns animais (galinhas, patos, perus) (Figura 17).

Este trabalho teve início em Janeiro de 2007, tendo sido escolhidas as UP's do Sítio São João e do Sítio Boa Vontade, para fazer parte integral da actividade experimental a realizar (Figura 18). A UP Boa Vontade utiliza o seu quintal desde 1985, ao passo que a UP São João é bastante mais recente, sendo utilizada desde 2002.



Figura 18: Unidades Produtivas Boa Vontade e São João e informações sobre as experiências agro-florestais implementadas em 2007 (Adaptado de Mendes, 2009).

Para a realização deste trabalho, as áreas experimentais foram delimitadas e divididas ao meio: numa metade mantiveram-se as estratégias de manejo tradicionais utilizadas pelos quilombolas, na outra metade introduziram-se novas estratégias de manejo.

Cada metade das áreas experimentais corresponde a um talhão de 30x15m (sub-dividido em 9 parcelas cada um), para o caso da UP Boa Vontade, e de 30x25m (subdividido em 15 parcelas cada um), para o caso da UP São João. A cada talhão de cada UP foi atribuído um código, onde os Talhões A e B pertencem à UP Boa Vontade e os Talhões C e D pertencem à UP São João. Os Talhões A e D correspondem às técnicas de manejo tradicionais, e serviram como áreas testemunha ou controlo da experiência implementada, e os Talhões B e C às técnicas de manejo propostas. As parcelas foram numeradas de 1 a 9, para os talhões da UP Boa Vontade, e de 1 a 15 para os talhões da UP São João. Para além destas áreas, escolheram-se também duas áreas de referência: o Talhão F, que representa uma área de floresta primária (“mata alta”) e o Talhão E,

localizado numa pastagem, ambos situados na UP Boa Vontade. A Figura 19 apresenta o desenho experimental das áreas em estudo.

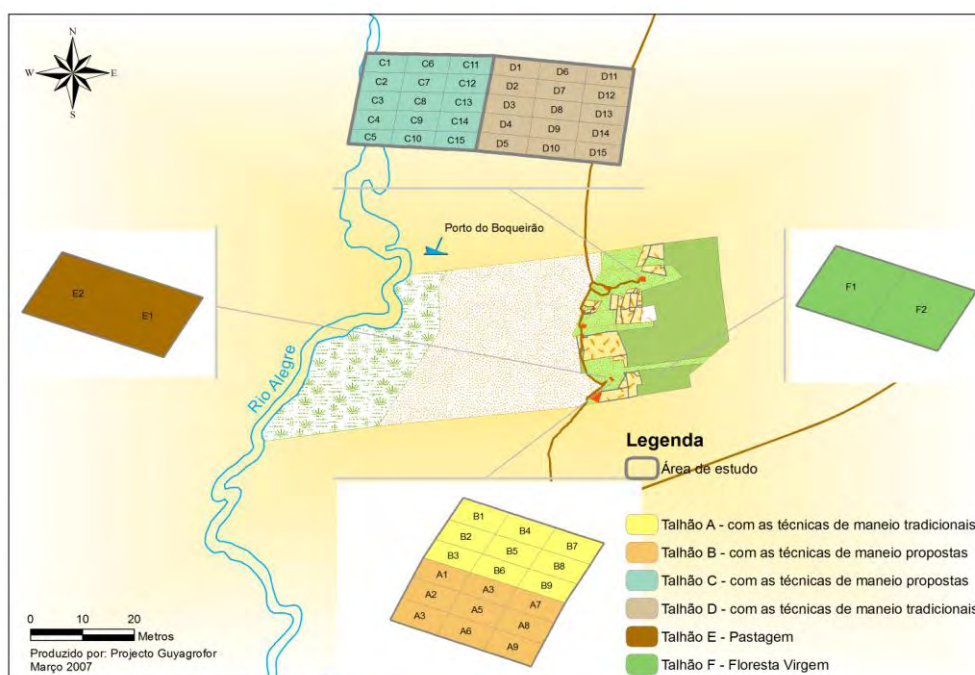


Figura 19: Desenho experimental das áreas em estudo na comunidade quilombola do Boqueirão.

Nos Talhões B e C conjugaram-se as técnicas de manejo do solo tradicionais com as técnicas de manejo propostas. As técnicas já utilizadas pelos quilombolas adoptadas foram a capina e a distância e arranjo entre as espécies. As técnicas de manejo introduzidas foram a introdução de leguminosas de ciclo curto e ciclo longo, a poda das leguminosas e o arranjo das espécies com ênfase para a plantação de espécies arbóreas consorciadas com espécies agrícolas.

As leguminosas introduzidas foram o feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), leguminosas anuais de ciclo curto, de estrato arbustivo e herbáceo, respectivamente, e o ingá (*Inga edulis*), leguminosa perene de estrato arbóreo. As espécies de ciclo curto foram escolhidas como principais espécies leguminosas introduzidas devido à curta duração da pesquisa experimental, pois em dois anos de pesquisa não seria possível verificar melhorias com espécies arbóreas. Outro motivo prendeu-se com o estágio sucessional dos quintais no início da actividade experimental, que apresentavam uma incidência solar directa no solo elevada. Esperava-se, assim, com a introdução das leguminosas de ciclo curto, uma melhoria visível nos SAF's suficiente para convencer os quilombolas a adoptarem estas técnicas de manejo propostas. O ingá pretende substituir o feijão-guandu e o feijão-de-porco a longo prazo, quando os SAF's se encontrarem num

estágio sucessional mais avançado. Estas espécies têm como principais objectivos a fixação do azoto no solo, o controlo de infestantes, o aumento da matéria orgânica no solo, a melhoria da sua fertilidade e a manutenção da humidade no solo.

As áreas experimentais foram adaptadas à cultura e às necessidades locais, com introdução de espécies direccionadas para o mercado, à subsistência alimentar dos quilombolas e à melhoria da qualidade do solo através do aumento da fertilização orgânica e fixação de nutrientes. Em todos os talhões experimentais foram introduzidas e replantadas espécies frutícolas de acordo com os interesses dos proprietários de cada UP. As principais espécies introduzidas foram o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), o araçá-boi (*Eugenia stipitata*), a mangava (*Hancornia speciosa*) e o café (*Coffea arabica*), mas outras foram sendo (re)introduzidas ao longo do tempo pelos proprietários, nomeadamente o coco-da-baía (*Cocos nucifera*), o açaí (*Euterpe oleracea*), o pequi (*Caryocar brasiliense*), a pitanga (*Eugenia uniflora*), o algodão (*Gossypium* sp.), a azeitona (*Syzygium jambolanum*), entre outras. Na Figura 20 apresentam-se algumas das principais espécies introduzidas pelo projecto.



Figura 20: Algumas das espécies introduzidas pelo projecto nas áreas experimentais do Boqueirão.

III.3.1.1 Principais actividades de manejo desenvolvidas nas áreas experimentais

Para que o quintal agro-florestal seja mantido, várias actividades são desenvolvidas, quer nos talhões experimentais (B e C), quer nos talhões controlo (A e D). Estas actividades influenciam a fertilidade e a humidade do solo e são, por isso, um factor de máxima importância a ter em conta neste estudo. Torna-se, assim, necessário saber que actividades são desenvolvidas e em que períodos do ano.

As principais actividades consideradas neste estudo, no período de 2007 a 2009, foram o plantio, a capina e a poda (esta última somente para as espécies leguminosas).

O plantio e replantio de mudas ocorreu sempre nas duas UP's e nos talhões experimentais e controlo, ao longo dos dois anos, sempre na época de chuvas, mas com maior frequência em Novembro, após o início das chuvas. O plantio de mandioca nas áreas experimentais só se observou na UP Boa Vontade e ocorreu sempre anualmente, no início da época de chuvas (Novembro).

No que respeita aos talhões experimentais B e C, as actividades de manejo desenvolvidas consistiram principalmente no plantio das leguminosas de ciclo curto – o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e o feijão-guandu (*Cajanus cajan*) – e na sua poda. Desta forma, o plantio das leguminosas ocorreu pela primeira vez em Janeiro de 2007, entre as linhas do consórcio agro-florestal, usando espaçamentos de aproximadamente 25x30cm para o feijão-guandu e 25x80cm para o feijão-de-porco. O plantio ocorreu sempre anualmente, no início da época das chuvas, ou seja, em Dezembro de 2007 e Novembro de 2008 (a 12 e 13 de Novembro de 2008 nos Talhões B e C, respectivamente). Em 2008, o Talhão B (Sítio Boa Vontade) foi capinado antes do plantio, mas o mesmo procedimento não foi realizado no Talhão C (Sítio São João) devido à existência de várias plantas de mamão e aroeira a germinar do solo. Devido à ausência de capina no Talhão C e também, em parte, devido ao prolongamento da época seca, o desenvolvimento das leguminosas foi bastante lento; a presença de grande quantidade de infestantes “abafou” as leguminosas, em especial o feijão-guandu. Para conseguir que estas se desenvolvessem mais, no final do mês de Dezembro, as infestantes foram arrancadas manualmente. A ausência de precipitação em quantidade significativa para humedecer o solo, imediatamente após o plantio, também inibiu significativamente o crescimento do feijão. O plantio do ingá (*Inga edulis*) ocorreu em Dezembro de 2007, por meio de mudas produzidas pelos quilombolas, em Março de 2007.

A poda das leguminosas anuais ocorreu em Maio de 2007, Março de 2008 (a 6 e 8 de Março de 2008 nos Talhões B e C, respectivamente) e Fevereiro/Março de 2009 (a 28 de Fevereiro de 2009 no Talhão B e a 28 de Fevereiro e 1 de Março de 2009 no Talhão C). A biomassa resultante da poda foi sempre distribuída sobre o solo de forma aleatória no Talhão B (Figura 21). No Talhão C, o procedimento diferiu devido à quantidade insuficiente de biomassa resultante da poda para cobrir todo o solo, tendo sido distribuída aleatoriamente sobre o solo em 2007 e maioritariamente em redor das espécies em 2008 e 2009 (Figura 21). No início de Fevereiro de 2009, foi realizada uma poda selectiva, apenas em volta das mudas e unicamente no Talhão B, para permitir que estas se desenvolvessem e não vissem o seu crescimento inibido devido ao excesso de sombreamento; a

poda não foi totalmente concretizada nesta data dado que o feijão-guandu não apresentava ainda desenvolvimento suficiente.



Figura 21: Poda das leguminosas nos talhões experimentais B (em cima) e C (em baixo).

Nos talhões controlo A e D, a única actividade desenvolvida com maior frequência é a capina das infestantes. Esta actividade ocorre com maior frequência na UP São João. No Talhão A (UP Boa Vontade), a capina foi realizada em Janeiro, Outubro e Dezembro de 2007, a 2 e 5 de Maio de 2008 e a 27 de Março de 2009 [esta última em apenas metade do talhão (Figura 22)]. No Talhão D (UP São João), a capina ocorreu em Fevereiro, Maio e Dezembro de 2007, em Janeiro, Maio e a 2 e 3 de Dezembro de 2008. Para o caso da UP São João, mesmo que não ocorresse a capina, as infestantes com maior desenvolvimento iam sendo sempre arrancadas manualmente, ao longo do tempo, apresentando o talhão quase sempre um aspecto “limpo” (Figura 22).



Figura 22: Capina do Talhão A (UP Boa Vontade), à esquerda, e do Talhão D (UP São João), à direita, no ano de 2009.

A Tabela 4 apresenta, de forma resumida, o período em que ocorreram as actividades de manejo em ambas as UP's, para o período de 2007 a 2009.

Tabela 4: Resumo das actividades de manejo desenvolvidas nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade (talhões A e B) e São João (talhões C e D).

Atividades	2007												2008												2009			
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
Plantio Leguminosas	X											X											X					
Poda					X										X											X		
Capina A	X									X	X					X										X		
Capina B	X										X												X					
Capina C	X										X	X																
Capina D		X			X						X	X				X								X	X			

Todas as actividades de manejo dos SAF's tiveram total envolvimento dos proprietários, sendo realizadas por eles e de acordo com a sua vontade, a realização das actividades na época aconselhada ou não. O papel dos investigadores, na área de estudo, concentrou-se maioritariamente no aconselhamento das práticas de manejo, de forma a conseguir uma participação mais activa das comunidades e nos trabalhos técnicos de pesquisa (monitorização dos nutrientes e humidade no solo, entre outras).

III.3.2 Monitorização das experiências implementadas

Neste sub-capítulo apresenta-se a metodologia utilizada para a monitorização da cobertura do solo das áreas em estudo por manta morta e vegetação e número e tipo de espécies presentes no SAF e para a monitorização de nutrientes no solo, para o período experimental de 2007 a 2009.

III.3.2.1 Monitorização da cobertura do solo por vegetação e manta morta e tipo e número de espécies presentes no SAF

Para a monitorização da cobertura do solo por manta morta e vegetação, nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade e São João, recorreu-se ao sub-parcelamento dos talhões em áreas de 2x2,5m para os talhões A e B e de 2,5x2,5m para os Talhões C e D, tal como se encontra esquematizado na Figura 23. Estas pequenas áreas eram demarcadas com fitas-métricas onde, de seguida, se verificava visualmente a percentagem de área coberta com manta morta e vegetação. A percentagem de cobertura por vegetação incluiu sempre a presença de infestantes na sub-parcela. Ao mesmo tempo, e com a ajuda do respectivo proprietário da UP, anotava-se o tipo e número de espécies de interesse presentes na sub-parcela. Esta monitorização foi realizada em Março de 2007, Março e Junho de 2008 e Janeiro e Março/Abril de 2009.

												30
B7.9	B7.10	B8.9	B8.10	B9.9	B9.10	A7.9	A7.10	A8.9	A8.10	A9.9	A9.10	28
B7.7	B7.8	B8.7	B8.8	B9.7	B9.8	A7.7	A7.8	A8.7	A8.8	A9.7	A9.8	26
B7.5	B7.6	B8.5	B8.6	B9.5	B9.6	A7.5	A7.6	A8.5	A8.6	A9.5	A9.6	24
B7.3	B7.4	B8.3	B8.4	B9.3	B9.4	A7.3	A7.4	A8.3	A8.4	A9.3	A9.4	22
B7.1	B7.2	B8.1	B8.2	B9.1	B9.2	A7.1	A7.2	A8.1	A8.2	A9.1	A9.2	20
												18
B4.9	B4.10	B5.9	B5.10	B6.9	B6.10	A4.9	A4.10	A5.9	A5.10	A6.9	A6.10	16
B4.7	B4.8	B5.7	B5.8	B6.7	B6.8	A4.7	A4.8	A5.7	A5.8	A6.7	A6.8	14
B4.5	B4.6	B5.5	B5.6	B6.5	B6.6	A4.5	A4.6	A5.5	A5.6	A6.5	A6.6	12
B4.3	B4.4	B5.3	B5.4	B6.3	B6.4	A4.3	A4.4	A5.3	A5.4	A6.3	A6.4	10
B4.1	B4.2	B5.1	B5.2	B6.1	B6.2	A4.1	A4.2	A5.1	A5.2	A6.1	A6.2	8
												6
B1.9	B1.10	B2.9	B2.10	B3.9	B3.10	A1.9	A1.10	A2.9	A2.10	A3.9	A3.10	4
B1.7	B1.8	B2.7	B2.8	B3.7	B3.8	A1.7	A1.8	A2.7	A2.8	A3.7	A3.8	2
B1.5	B1.6	B2.5	B2.6	B3.5	B3.6	A1.5	A1.6	A2.5	A2.6	A3.5	A3.6	0
B1.3	B1.4	B2.3	B2.4	B3.3	B3.4	A1.3	A1.4	A2.3	A2.4	A3.3	A3.4	
B1.1	B1.2	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	A1.1	A1.2	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2	
27,5	25	22,5	20	17,5	15	12,5	10	7,5	5	2,5	0	

										60
D11.7	D11.8	D12.7	D12.8	D13.7	D13.8	D14.7	D14.8	D15.7	D15.8	57,5
D11.5	D11.6	D12.5	D12.6	D13.5	D13.6	D14.5	D14.6	D15.5	D15.6	55
D11.3	D11.4	D12.3	D12.4	D13.3	D13.4	D14.3	D14.4	D15.3	D15.4	52,5
D11.1	D11.2	D12.1	D12.2	D13.1	D13.2	D14.1	D14.2	D15.1	D15.2	50
										47,5
D6.7	D6.8	D7.7	D7.8	D8.7	D8.8	D9.7	D9.8	D10.7	D10.8	45
D6.5	D6.6	D7.5	D7.6	D8.5	D8.6	D9.5	D9.6	D10.5	D10.6	42,5
D6.3	D6.4	D7.3	D7.4	D8.3	D8.4	D9.3	D9.4	D10.3	D10.4	40
D6.1	D6.2	D7.1	D7.2	D8.1	D8.2	D9.1	D9.2	D10.1	D10.2	37,5
										35
D1.7	D1.8	D2.7	D2.8	D3.7	D3.8	D4.7	D4.8	D5.7	D5.8	32,5
D1.5	D1.6	D2.5	D2.6	D3.5	D3.6	D4.5	D4.6	D5.5	D5.6	30
D1.3	D1.4	D2.3	D2.4	D3.3	D3.4	D4.3	D4.4	D5.3	D5.4	27,5
D1.1	D1.2	D2.1	D2.2	D3.1	D3.2	D4.1	D4.2	D5.1	D5.2	25
										22,5
C11.7	C11.8	C12.7	C12.8	C13.7	C13.8	C14.7	C14.8	C15.7	C15.8	20
C11.5	C11.6	C12.5	C12.6	C13.5	C13.6	C14.5	C14.6	C15.5	C15.6	17,5
C11.3	C11.4	C12.3	C12.4	C13.3	C13.4	C14.3	C14.4	C15.3	C15.4	15
C11.1	C11.2	C12.1	C12.2	C13.1	C13.2	C14.1	C14.2	C15.1	C15.2	12,5
										10
C6.7	C6.8	C7.7	C7.8	C8.7	C8.8	C9.7	C9.8	C10.7	C10.8	7,5
C6.5	C6.6	C7.5	C7.6	C8.5	C8.6	C9.5	C9.6	C10.5	C10.6	5
C6.3	C6.4	C7.3	C7.4	C8.3	C8.4	C9.3	C9.4	C10.3	C10.4	2,5
C6.1	C6.2	C7.1	C7.2	C8.1	C8.2	C9.1	C9.2	C10.1	C10.2	0
C1.7	C1.8	C2.7	C2.8	C3.7	C3.8	C4.7	C4.8	C5.7	C5.8	
C1.5	C1.6	C2.5	C2.6	C3.5	C3.6	C4.5	C4.6	C5.5	C5.6	
C1.3	C1.4	C2.3	C2.4	C3.3	C3.4	C4.3	C4.4	C5.3	C5.4	
C1.1	C1.2	C2.1	C2.2	C3.1	C3.2	C4.1	C4.2	C5.1	C5.2	
22,5	20	17,5	15	12,5	10	7,5	5	2,5	0	

Figura 23: Esquema representativo do sub-parcelamento efectuado para a monitorização da cobertura do solo por manta morta e vegetação, nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade (à esquerda) e São João (à direita).

III.3.2.2 Monitorização dos nutrientes do solo

De seguida, apresenta-se a metodologia usada, quer em campo, quer em laboratório, para monitorizar os nutrientes do solo, nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade e São João e nas áreas de referência (talhões E e F), com vista à realização do estudo da evolução da fertilidade do solo, após a introdução de novas técnicas de manejo nos SAF's, no período de 2007 a 2009. Apresenta-se também a metodologia utilizada para a análise dos dados e tratamento estatístico.

III.3.2.2.1 Metodologia de campo

Para a monitorização das características físicas e químicas do solo foram realizadas quatro campanhas de amostragem, no período de Março de 2007 a Abril de 2009. A primeira campanha de amostragem realizou-se em Março de 2007, no início da actividade experimental nos SAF's, com o objectivo de conhecer as características iniciais do solo.

Era objectivo principal realizar as campanhas seguintes após a poda e deposição do material orgânico no solo de forma a averiguar uma possível evolução na fertilidade do mesmo. Desta forma, a segunda e terceira campanhas de amostragem realizaram-se em Maio e Julho de 2008, cerca de dois e quatro meses depois, respectivamente, da poda das leguminosas, em Março de 2008. A quarta e última campanha de amostragem foi realizada em Abril de 2009, cerca de mês e meio depois da poda das mesmas, em final de Fevereiro de 2009.

Para todas estas campanhas de amostragem foram recolhidas amostras de solo simples em cada parcela de todos os talhões (A, B, C, D, E e F), com uma sonda de recolha de amostras de solo (ou trado), à profundidade de 0-20 cm. Na primeira campanha de amostragem, em Março de 2007, foi recolhida uma amostra de solo no centro de cada parcela, totalizando 9 amostras de solo por talhão (controlo A e experimental B) para a UP Boa Vontade, 15 amostras por talhão (experimental C e controlo D) para a UP São João e 2 amostras por talhão referência (E e F). Nas campanhas de amostragem seguintes, foram recolhidas duas amostras de solo em cada parcela de cada talhão: uma no centro da sub-parcela da extremidade inferior esquerda e outra no centro da sub-parcela da extremidade superior direita (para cada parcela), totalizando 18 amostras de solo por talhão para a UP Boa Vontade, 30 amostras por talhão para a UP São João e 4 amostras por talhão referência. Na Figura 24 encontram-se os esquemas representativos das áreas experimentais, com a identificação dos locais onde se recolheram as amostras de solo. Em todas as campanhas de amostragem, as amostras foram georreferenciadas para posterior tratamento dos resultados com recurso ao software ArcGis 9.2.



Figura 24: Esquema representativo com o local da recolha das amostras de solo nas campanhas de amostragem realizadas (azul – primeira campanha; verde – campanhas seguintes), nas áreas experimentais das UP's Boa Vontade (à esquerda) e São João (à direita).

III.3.2.2.2 Metodologia laboratorial

As amostras de solo foram analisadas em Cuiabá-MT, para a caracterização física e química das mesmas. Os parâmetros analisados foram: a granulometria, o pH em água e em CaCl_2 , o fósforo disponível (P), o potássio disponível (K^+), o alumínio trocável (Al^{3+}), o hidrogénio (H^+), o cálcio trocável (Ca^{2+}), o magnésio trocável (Mg^{2+}), a soma de bases, a capacidade de troca catiónica total, o grau de saturação em bases, a matéria orgânica, as relações Ca/Mg , Ca/K e Mg/K e a saturação por cálcio, magnésio, potássio, alumínio e hidrogénio. A metodologia empregue nas determinações químicas e físicas estão descritas em Embrapa (1997), mas, de forma resumida, os métodos para a análise de cada parâmetro foram:

- pH (H_2O) – em água na proporção de 1:2,5 (solo: água);
- pH (CaCl_2) – em solução de cloreto de cálcio 0,01 M, na proporção 1:2,5 (solo: CaCl_2);
- Fósforo (P) e Potássio (K^+) disponíveis – extraídos com solução de HCl 0,05 N e H_2SO_4 0,025 N (Método de Mehlick);

d) Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Alumínio (Al^{3+}) trocáveis – extraídos com solução de cloreto de potássio 1N;

e) Hidrogénio (H^+) – extraído com solução de acetato de cálcio a $\text{pH}=7$;

f) Matéria orgânica – oxidação com dicromato de potássio e determinação colorimétrica;

g) Granulometria (areia, limo e argila) – dispersante NaHO e determinação por densímetro.

Segundo Varennes (2003), os resultados do pH em água dependem do local onde se coloca o eléctrodo e da proporção entre solo e água, obtendo-se valores mais elevados para maiores diluições e para a medição no sobrenadante (devido à presença da camada difusa²), podendo traduzir-se num aumento de pH de 0,2-0,4 unidades. A determinação do pH numa solução de cloreto de cálcio (CaCl_2 0,01 mol dm^{-3}) é frequentemente utilizada para compensar estes efeitos, pois o ião cálcio do sal irá permutar com alguns iões hidrogénio e alumínio do complexo de troca, compensando o efeito de diluição. Segundo Costa (1999), admite-se, assim, que o valor de pH em cloreto de cálcio obtido será mais característico do solo, por ser independente das proporções relativas de solo e água usadas na determinação e da concentração de sais.

A partir dos teores obtidos nos itens c), d), e e), obtiveram-se os valores da Soma de Bases – SB (eq.(1)), da capacidade de troca catiónica total - $\text{CTC}_{\text{total}}$ (eq.(2)) e do grau de saturação em bases – GSB (%) (eq.(3)). A saturação por cálcio, magnésio, potássio, alumínio e hidrogénio obteve-se igualmente a partir da equação 3.

$$\text{SB (cmolc dm}^{-3}\text{)} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ \quad (1)$$

$$\text{CTC}_{\text{total}} \text{ (cmolc dm}^{-3}\text{)} = \text{T} = \text{SB} + \text{Al}^{3+} + \text{H}^+ \quad (2)$$

$$\text{GSB (\%)} = (\text{SB}/\text{CTC}_{\text{total}}) \times 100 \quad (3)$$

III.3.2.2.3 Análise e tratamento estatístico dos dados

Os resultados obtidos nas diferentes campanhas de amostragem foram importados, posteriormente, para o software ArcGis 9.2. Neste software, os dados foram tratados por interpolação, pelo método “inverse distance weighted”, obtendo-se os mapas de simulação de distribuição espacial de cada

² *Camada difusa* (ou *camada dupla difusa*) é o conjunto formado pelas cargas da superfície da partícula coloidal e pelos iões de troca, cuja concentração diminui com o aumento da distância à superfície das partículas. Alguns destes iões dissociam-se da camada dupla, passando para a parte da solução que se situa entre as camadas duplas das diversas partículas coloidais, aumentando o pH quando o teor de água aumenta. (Costa, 1999)

parâmetro analisado, nas áreas controlo, experimentais e de referência, para cada campanha de amostragem.

De forma a averiguar se ocorreram alterações significativas entre os tratamentos (controlo versus experimental) e dentro dos tratamentos, para os diferentes parâmetros analisados, ao longo do tempo, nas duas UP's, recorreu-se à análise estatística dos dados com o recurso ao software SPSS Statistics 17.0. Numa primeira fase foi efectuada uma análise de médias e desvios-padrão. Numa segunda fase, procedeu-se à análise multivariada (MANOVA) dos dados e comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey, a um grau de significância de 5%, para verificar se a evolução temporal em cada talhão (incluindo os talhões referência) e a evolução espaço-temporal entre os tratamentos (controlo versus experimental) foi significativa, para cada um dos parâmetros analisados.

É de referir que, de todos os parâmetros analisados em laboratório, apenas os que se consideraram de maior importância e de maior relevância foram analisados, ou seja, a matéria orgânica, a capacidade de troca catiónica, o pH em CaCl_2 , o fósforo e potássio disponíveis, o cálcio e magnésio trocáveis e o grau de saturação em bases.

III.4 Resultados e discussão

O principal objectivo deste trabalho prendeu-se com o estudo do impacte da introdução de leguminosas de ciclo curto e de diferentes técnicas de manejo do solo na sustentabilidade de sistemas agro-florestais, do tipo quintais agro-florestais, através da monitorização dos processos de nutrientes no solo e suas implicações na fertilidade do solo.

Dentro deste contexto, neste sub-capítulo vão ser apresentados os resultados obtidos durante o trabalho de campo realizado entre 2008 e 2009, nas áreas experimentais instaladas nos quintais agro-florestais de duas famílias da comunidade quilombola do Boqueirão, utilizando, igualmente, os dados com as condições iniciais dos SAF's, recolhidos pela equipa da ESAC do projecto Guyagrofor em 2007. Este sub-capítulo divide-se, assim, em duas partes principais: a primeira parte refere-se ao estudo da cobertura do solo dos SAF's por manta morta e vegetação e o número e tipo de espécies presentes nos SAF's ao longo do tempo, no período de 2007 a 2009; a segunda parte refere-se ao estudo da fertilidade do solo dos SAF's, ao longo do tempo, para o mesmo período de estudo.

III.4.1 Tipo e número de espécies presentes nos SAF's ao longo do período experimental e cobertura do solo por vegetação e manta morta

A presença de manta morta e vegetação nas áreas em estudo são um factor importante no controlo da erosão do solo, da sua humidade, entre outros. O conhecimento do tipo de vegetação presente, número de espécies e a sua distribuição nas parcelas, assim como a presença e distribuição da manta morta, ajuda a compreender e analisar melhor o sistema e os dados obtidos nos trabalhos de campo realizados.

III.4.1.1 Tipo e número de espécies presentes e sua distribuição nos SAF's, ao longo do período experimental de 2007 a 2009

Segundo Odum (2001), quanto maior for a diversidade de espécies num dado ecossistema, maiores serão as cadeias alimentares e mais casos de simbiose existirão, aumentando a possibilidade para o controlo da retroacção negativa, que, por sua vez, reduz as oscilações e aumenta, assim, a estabilidade do sistema.

A diversidade de espécies permite uma melhor exploração dos recursos naturais e o controlo de pragas e doenças. Esta diversidade e complexidade dos ecossistemas, nomeadamente dos SAF's, permite, de igual forma, as trocas gasosas, a purificação da água, o fluxo de nutrientes ao longo dos seus ciclos e outras funções protectoras necessárias à própria sobrevivência do homem, ao mesmo tempo que permite usufruir dos recursos produzidos pelo sistema (Odum, 2001).

Os sistemas agro-florestais tradicionais apresentam, geralmente, altos níveis de biodiversidade, gerando uma capacidade de “auto-regulação” e equilíbrio biológico que explica os baixos níveis de doenças e ataques de insectos. No entanto, é necessário efectuar as combinações de espécies adequadas, de acordo sobretudo com as necessidades de sombreamento, de forma a obter uma grande variedade de produtos comerciais e com maior segurança económica para o agricultor (May *et al.*, 2008).

Conhecer a dinâmica dos quintais agro-florestais em estudo, ao longo do período experimental, torna-se uma importante ferramenta para a compreensão dos resultados obtidos, ao mesmo tempo que nos mostra as espécies dominantes do sistema, o estrato dominante e, consequentemente, as preferências do agricultor.

As Tabelas 5 e 6 apresentam o tipo de espécies presentes no quintal agro-florestal da UP Boa Vontade, para o talhão controlo A e talhão experimental B, assim como a evolução que ocorreu, ao longo do tempo, no número de espécies presentes por talhão e no número de indivíduos presentes por espécie e por talhão. As espécies leguminosas feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e feijão-guandu (*Cajanus cajan*) não foram aqui consideradas por corresponderem às espécies utilizadas no tratamento experimental como adubação verde, não tendo as mesmas funções das restantes espécies no sistema.

Tabelas 5 e 6: Tipo de espécies presentes, número total de espécies e número total de indivíduos por espécie, ao longo do tempo (2007-2009), nos talhões A - controlo e B - experimental, na UP Boa Vontade.

TALHÃO A - CONTROLO								TALHÃO B - EXPERIMENTAL							
Nome comum	Nome científico	Estrato	Número indivíduos					Nome comum	Nome científico	Estrato	Número indivíduos				
			Mar-07	Mar-08	Jun-08	Jan-09	Abr-09				Mar-07	Mar-08	Jun-08	Jan-09	Abr-09
Abóbora	<i>Curcubita sp.</i>	herbácea	1	3				Abacaxi	<i>Annanas comosus</i>	herbácea	13	10	5	4	2
Algodão	<i>Gossypium sp.</i>	arbóreo (fase inicial)					1	Araçá-boi	<i>Eugenia stipitata</i>	arbustivo	9	5	6	9	7
Araçá-boi	<i>Eugenia stipitata</i>	arbustivo		8	7	6	5	Ata	<i>Annona sp.</i>	arbóreo	3	3	3	3	3
Ata	<i>Annona sp.</i>	arbóreo	2	2	2	2	2	Bacuri	<i>Atallea sp.</i>	palmeira	1	1	1	1	1
		arbóreo (fase inicial)	1	2	2	2	2				Bananeira	<i>Musa spp.</i>	herbácea vivaz	60	47
Bacuri	<i>Atallea sp.</i>	palmeira	1	1	1	1	1	Bocaiúva	<i>Acrocomia aculeata</i>	palmeira (fase inicial)	4	1			
Bananeira	<i>Musa spp.</i>	herbácea vivaz	28	40	44	15	13	Cajá-manga	<i>Spondia lutea</i>	arbóreo	2	1	1	1	1
Bocaiúva	<i>Acrocomia aculeata</i>	palmeira (fase inicial)	7	1				Cajú	<i>Anacardium occidentale</i>	arbóreo	2	2	2	2	2
Cará	<i>Dioscorea sp.</i>	herbácea	1					Cará	<i>Dioscorea sp.</i>	herbácea	1				
Coco		palmeira (fase inicial)		1	1	1		Cerejeira		arbóreo	1	1	1	1	1
Coco-da-Baia	<i>Cocos nucifera</i>	palmeira (fase inicial)			1	1	1	Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	arbóreo (fase inicial)	2	9	11	8	8
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	arbóreo (fase inicial)		21	23	23	24	Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>	arbóreo	1	1	1	1	1
Embaúba	<i>Cecropia spp.</i>	arbóreo (fase inicial)			1			Gemadinha		arbustivo			3	2	
Erva-cidreira	<i>Lippia alba</i>	herbácea	1					Gergilim	<i>Sesamum indicum</i>	herbácea	50	4	2		
Ingá	<i>Inga edulis</i>	arbóreo (fase inicial)				1	2	Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	arbóreo	1				
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	arbóreo	1	1	1	1	1	Ingá	<i>Inga edulis</i>	arbóreo (fase inicial)		10	13	12	12
Jiló	<i>Solanum gilo</i>	herbácea	1					Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	arbustivo	124	44	39	56	58
Mamão	<i>Carica papaya</i>	arbóreo	3					Manga-rosa	<i>Mangifera indica</i>	arbóreo	1	1	1	1	1
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	arbustivo	177	93	52	38	29	Mangava	<i>Hancornia speciosa</i>	arbóreo (fase inicial)	4	3	1	3	2
Mangava	<i>Hancornia speciosa</i>	arbóreo (fase inicial)	4	5	2	1	1	Milho	<i>Zea mayz</i>	herbácea				2	
Pau-de-pomba		arbóreo		1	1	1	1	Pimenta	<i>Capsicum spp.</i>	arbustivo	6	5	3	2	2
Pimenta	<i>Capsicum spp.</i>	arbustivo	3					Pinho-cuiabano	<i>Schizolobium amazonicum</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1
Quiabo	<i>Albemoschus esculentus</i>	herbácea	16	1		5		Quiabo	<i>Albemoschus esculentus</i>	herbácea	7				2
Taiá		herbácea		5											
TOTAL	Indivíduos		251	188	138	98	83	TOTAL	Indivíduos		298	153	135	130	153
	Espécies		14	14	12	13	12		Espécies		19	18	18	18	17

Pela análise das Tabelas 5 e 6, verifica-se que o talhão experimental B apresenta maior diversidade de espécies que o talhão controlo A, em todas as amostragens realizadas, com um valor médio de espécies, no período de 2007 a 2009, de 18 ± 1 e 13 ± 1 , respectivamente. O número de espécies diminuiu ligeiramente de 2007 até 2009, em ambos os talhões, facto que se deve sobretudo à presença de espécies anuais e/ou bianuais, plantadas (abóbora, erva-cidreira, pimenta, goiaba) ou que ocorrem de forma espontânea nos quintais (bocaiúva – palmeira, cará, jiló, mamão, taiá, gemadinha, gergilim, quiabo) e que geralmente têm utilidade gastronómica. A presença destas espécies no ecossistema varia com a vontade do agricultor. De facto, não se observou o plantio deste tipo de espécies durante o período de pesquisa, no que se refere às espécies plantadas (a

erva-cidreira, a pimenta e a goiaba terão morrido) e as espécies espontâneas terão sido capinadas ou cobertas por outras infestantes, impedindo a sua observação, aquando das amostragens realizadas. O número de indivíduos presentes no ecossistema também foi, regra geral, superior no talhão B (com uma média anual de 174 ± 70 indivíduos no talhão B e 152 ± 69 indivíduos no talhão A). Tal como aconteceu com o número de espécies, o número total de indivíduos nos talhões diminuiu bastante de 2007 até 2009 (com uma redução de 67% para o talhão A e 49% para o talhão B). A diminuição no número de indivíduos, sobretudo de Março de 2007 para Março de 2008, deve-se, maioritariamente, à redução do plantio de algumas espécies pelo agricultor da UP, em especial de mandioca e banana em ambos os talhões (a banana aumentou em 2008 para o talhão A, mas diminuiu bastante em 2009) e de espécies espontâneas, nomeadamente o quiabo no talhão A e o gergilim no talhão B. De 2007 para Março de 2008, a redução do número de indivíduos não foi tão acentuada no talhão A devido à introdução de um grande número de espécies de cupuaçu e araçá-boi. As espécies dominantes e, conseqüentemente, preferenciais do agricultor desta UP, são a mandioca, a banana e o cupuaçu.

A Figura 25 apresenta dois gráficos com os tipos de estratos existentes nos talhões A (controlo) e B (experimental), respectivamente, assim como os tipos de estratos que apresentam maior diversidade de espécies no SAF, de acordo com o número de espécies presentes em cada talhão, para o período de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.

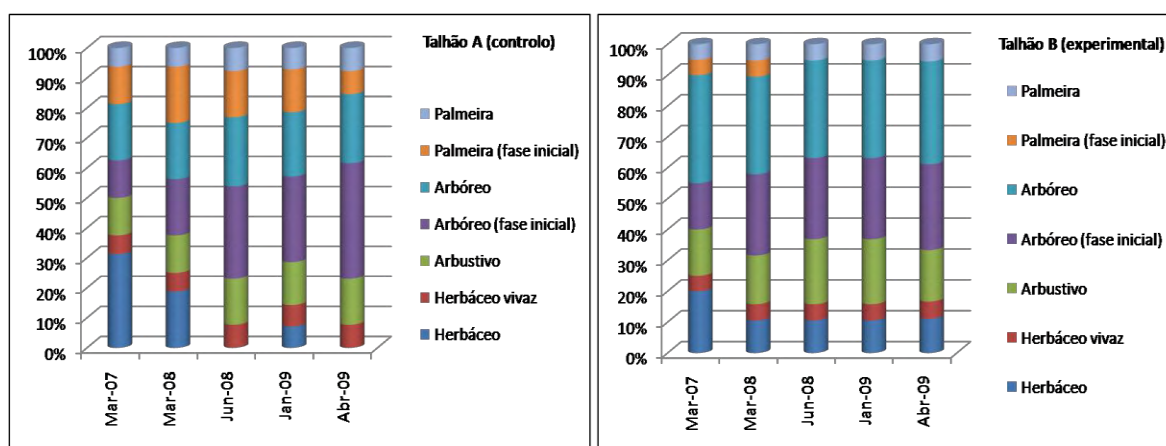


Figura 25: Tipos de estratos existentes nos talhões A – controlo e B – experimental, de acordo com as espécies presentes no SAF, ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.

De acordo com a Figura 25, ambos os talhões da UP Boa Vontade apresentam vários tipos de estrato, mas com maior diversidade de espécies do estrato arbóreo e arbóreo em fase inicial de crescimento (resultantes do plantio de mudas).

No primeiro ano (2007), o talhão A apresentou uma maior diversidade de espécies herbáceas e em Março de 2008 não se observou um estrato dominante. Em Julho de 2008 e em 2009, predominaram as espécies do estrato arbóreo e arbóreo em fase inicial de crescimento. As espécies do estrato herbáceo diminuíram bastante ao longo do período de amostragem, desaparecendo mesmo do sistema em Junho de 2008 e Abril 2009, facto já explicado aquando da análise das Tabelas 5 e 6.

O talhão B apresentou maior diversidade de espécies do estrato arbóreo em todas as amostragens realizadas. Seguidamente, mas em menor número, encontram-se o estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo em fase inicial de crescimento, para o primeiro ano (2007), predominando os estratos arbustivo e arbóreo em fase inicial de crescimento para as amostragens seguintes. O número de espécies herbáceas diminuiu de Março de 2007 para as amostragens subsequentes, aumentando o número de espécies de estrato arbóreo em fase inicial de desenvolvimento (resultantes do plantio de mudas). A partir de Junho de 2008, as palmeiras em fase inicial de desenvolvimento desapareceram mesmo do sistema.

As Tabelas 7 e 8 apresentam o tipo de espécies presentes no quintal agro-florestal da UP São João, para o talhão experimental C e para o talhão controlo D, assim como a evolução que ocorreu, ao longo do período experimental, no número de espécies presentes por talhão e no número de indivíduos presentes por espécie e por talhão. Tal como sucedeu na UP Boa Vontade, as espécies leguminosas não foram aqui consideradas pelos mesmos motivos já referidos anteriormente.

Tabelas 7 e 8: Tipo de espécies presentes, número total de espécies e número total de indivíduos por espécie, ao longo do tempo (2007-2009), nos talhões C - experimental e D - controle, na UP São João.

TALHÃO C - EXPERIMENTAL							TALHÃO D - CONTROLE								
Nome comum	Nome científico	Estrato	Número indivíduos					Nome comum	Nome científico	Estrato	Número indivíduos				
			Mar-07	Mar-08	Jun-08	Jan-09	Abr-09				Mar-07	Mar-08	Jun-08	Jan-09	Abr-09
Abacate	<i>Persea sp.</i>	arbóreo (fase inicial)	2	1	1	3	3	Abacate	<i>Persea sp.</i>	arbóreo (fase inicial)	3	2		1	1
Abacaxi	<i>Annanas comosus</i>	herbácea	68	62	65	60	59	Abacaxi	<i>Annanas comosus</i>	herbácea	35	42	61	240	322
Abóbora	<i>Curcubita sp.</i>	herbácea				2		Abóbora	<i>Curcubita sp.</i>	herbácea		4			
Açafrão	<i>Curcuma longa</i>	herbácea	3	3		2	3	Açaí	<i>Euterpe sp.</i>	palmeira (fase inicial)		1	8	1	
Açaí	<i>Euterpe sp.</i>	palmeira (fase inicial)		1	8			Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	arbustivo	3	1	3	1	3
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	arbustivo	3	8	3	4	4	Algodão	<i>Gossypium sp.</i>	arbóreo (fase inicial)		9	6	6	6
Araçá-boi	<i>Eugenia stipitata</i>	arbustivo	3	16	19	19	19	Amendoim	<i>Arachis hypogaea</i>	herbácea				103	2
Arborea não identificada		arbóreo	1	1	1	1	1	Amesclia		arbóreo (fase inicial)				1	1
Aroeira	<i>Myracrodium urundeuva</i>	arbóreo (fase inicial)	2	7	11	11	11	Araçá-boi	<i>Eugenia stipitata</i>	arbustivo	6	15	18	15	16
Ala	<i>Annona sp.</i>	arbóreo (fase inicial)	2	2	2	2	2	Araruta		herbácea				4	6
Babaçu	<i>Orbygnia spp.</i>	palmeira		15	4	4	3	Arborea não identificada		arbóreo	1	1	1	1	1
Babosa	<i>Alloe vera</i>	palmeira (fase inicial)	2	2	2	2	2	Aroeira	<i>Myracrodium urundeuva</i>	arbóreo (fase inicial)	4	8	8	8	8
Bacuri	<i>Althea sp.</i>	palmeira	1	1	1	1	1	Ala	<i>Annona sp.</i>	arbóreo (fase inicial)	3	6	5	8	8
Banana-maçã	<i>Musa spp.</i>	herbácea vivaz	2	2	2	2	4	Azeitona	<i>Syzygium jambolanum</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1
Bananeira	<i>Musa spp.</i>	herbácea vivaz					2	Babaçu	<i>Orbygnia spp.</i>	palmeira	2	2	2	2	2
Biribá		arbóreo (fase inicial)		1				Bacupari		palmeira (fase inicial)			1	1	
Bocaúva	<i>Acrocomia aculeata</i>	palmeira (fase inicial)	64	56	43	20	20	Bananeira	<i>Musa spp.</i>	herbácea vivaz		4	1		
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	arbóreo (fase inicial)				1		Biribá		arbóreo (fase inicial)	112	102	90	66	63
Café	<i>Coffea arabica</i>	arbustivo	1	3	2	2	2	Bocaúva	<i>Acrocomia aculeata</i>	palmeira (fase inicial)					1
Cajá	<i>Spondia lutea</i>	arbóreo (fase inicial)	3	5	5	6	6	Bordo	<i>Coleus barbatus</i>	arbustivo	3	5	5	5	5
Cará	<i>Dioscorea sp.</i>	herbácea	39	54	89	67	63	Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	arbóreo (fase inicial)					1
Cedro	<i>Cedrella fissilis</i>	arbóreo		1			1	Café	<i>Coffea arabica</i>	arbustivo	6	2	2	3	2
Coco		palmeira (fase inicial)					2	Cajá-manga	<i>Spondia lutea</i>	arbóreo	19	113	122	124	120
Coco-da-Baía	<i>Cocos nucifera</i>	palmeira (fase inicial)	1	1	1	1	1	Cajú	<i>Anacardium occidentale</i>	arbóreo (fase inicial)	1	1	1	1	1
Comigo-ninguém-pode	<i>Dieffenbachia picta</i>	herbácea	2	5	4	4	4	Cará	<i>Dioscorea sp.</i>	herbácea				1	
Cupuçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1	Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	arbóreo (fase inicial)			1		
Embaúba	<i>Cecropia spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	1	1	1	1	1	Coco		palmeira (fase inicial)	1	8	8	4	4
Goiaba	<i>Pisidium guajava</i>	arbóreo	3	9	11	11	10	Coco-da-Baía	<i>Cocos nucifera</i>	palmeira (fase inicial)		1			
Graviola	<i>Annona muricata</i>	arbóreo (fase inicial)	2	2	2	2	2	Cupuçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	arbóreo (fase inicial)	3	1	1	1	1
Ingá	<i>Inga edulis</i>	arbóreo (fase inicial)	3	3	3	3	2	Embaúba	<i>Cecropia spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	3	1	1	1	1
Ipê	<i>Tabebuia spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	5	3	5	4	4	Goiaba	<i>Pisidium guajava</i>	arbóreo	16	22	23	21	22
Jaburandi		arbustivo	2	5	7	4	4	Ipê	<i>Tabebuia spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	3	3	3	3	3
Jabulicaba	<i>Myrciaria sp.</i>	arbóreo (fase inicial)	4	1	2	2	2	Jacatã	<i>Astronium fraxilifolium</i>	arbóreo (fase inicial)		2	2	2	2
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	arbóreo		1	1	1	1	Graviola	<i>Annona muricata</i>	arbóreo (fase inicial)	2				
Jatobá	<i>Hymenaea Stignocarpa</i>	arbóreo (fase inicial)	1	1	1	1	1	Ingá	<i>Inga edulis</i>	arbóreo (fase inicial)		9	11	11	13
Laranjeira	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	2					Ipê	<i>Tabebuia spp.</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1
Lima	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)					1	Jabulicaba	<i>Myrciaria sp.</i>	arbóreo (fase inicial)			1		
Limoeiro	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	12	16	19	18	17	Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1
Mamão	<i>Carica papaya</i>	arbóreo	1	3	3	2	3	Jatobá	<i>Hymenaea Stignocarpa</i>	arbóreo (fase inicial)				1	1
Mamão	<i>Carica papaya</i>	arbóreo (fase inicial)	1	3	3	2	3	Laranjeira	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	3	2	2	4	3
Manga	<i>Mangifera indica</i>	arbóreo (fase inicial)	21	8	7	6	6	Limoeiro	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1
Manjerição	<i>Ocimum sp.</i>	herbácea		16	16	19	21	Mamão	<i>Carica papaya</i>	arbóreo	35	11	8	7	7
Maracujá	<i>Passiflora sp.</i>	trepadeira	1	1	1	1	1	Manga	<i>Mangifera indica</i>	arbóreo (fase inicial)		17	18	76	76
Marcela	<i>Achyrocline satureioides</i>	herbácea	1	1	1	1	1	Maracujá	<i>Passiflora sp.</i>	trepadeira	1				
Marmelada	<i>Alibertia Sessilis</i>	arbóreo (fase inicial)	3	7	4	2	2	Marmelada	<i>Alibertia Sessilis</i>	arbóreo (fase inicial)		1		2	2
Mestruz		herbácea	2	1	3	3	3	Melancia	<i>Citrullus vulgaris</i>	herbácea				2	
Palmeira não identificada		palmeira (fase inicial)		1				Milho	<i>Zea mayz</i>	herbácea		159		74	53
Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	arbóreo (fase inicial)						Negramina	<i>Siparuna guianensis</i>	arbóreo (fase inicial)					1
Pimenta-malagueta	<i>Capsicum spp.</i>	arbustivo		3	2	2	2	Ninho	<i>Azadirachta indica</i>	arbóreo (fase inicial)		1	1	1	1
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	arbóreo (fase inicial)	1	1	4	4	4	Orelha-de-burro		herbácea		1	1	1	1
Pocá	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)		1			1	Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	arbóreo (fase inicial)		5	4	3	3
Purga-de-lagarto		herbácea		1				Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	arbóreo (fase inicial)		5	3	3	3
Seringueira	<i>Hevea brasiliense</i>	arbóreo (fase inicial)	2	4	2	4	2	Pocá	<i>Citrus spp.</i>	arbóreo (fase inicial)	1				
Taiá		herbácea		1	1			Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	herbácea				1	
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	arbóreo (fase inicial)					1	Taiá		herbácea		1			
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	arbóreo	3	3	3	3	3	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	arbóreo (fase inicial)				1	
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	arbóreo (fase inicial)		20	4	4	5								
TOTAL	Indivíduos		258	379	386	332	331	TOTAL	Indivíduos		263	576	430	820	774
	Espécies		32	48	44	44	47		Espécies		22	39	35	44	41

De acordo com as Tabelas 7 e 8, e tal como acontece na UP Boa Vontade, o talhão experimental C apresenta maior diversidade de espécies que o talhão controle D, na maioria das amostragens realizadas (foi exceção o mês de Janeiro de 2009), com um valor médio anual de espécies de 43 ± 6 e 36 ± 9 , respectivamente, no período de 2007 a 2009. Contrariamente ao que aconteceu na UP Boa Vontade, nesta, o número de espécies aumentou de 2007 até 2009, em ambos os talhões, facto explicado pela frequente introdução de mudas no SAF, o que demonstra, igualmente, o maior interesse de expansão do quintal para uma visão de mercado por parte do agricultor da UP São

João. A diminuição do número de espécies de uma amostragem para outra, dentro do mesmo ano (foi excepção o ano 2009 para o talhão C), deve-se, sobretudo, à morte de mudas ou ao facto de a amostragem ter sido realizada após o final das colheitas (e.g. o milho, o quiabo e a abóbora).

Contrariando novamente o que aconteceu na UP Boa Vontade, o número total de indivíduos presente no ecossistema foi sempre superior no talhão controlo D (573 ± 233 indivíduos no talhão D e 337 ± 51 indivíduos no talhão experimental C). O agricultor tem maior tendência para plantar culturas anuais no talhão D (amendoim, milho, abacaxi, entre outras), por o solo geralmente se apresentar mais nú e ligeiramente mais distante da habitação (maior protecção contra as galinhas), daí o maior número de indivíduos. O número de pés de mamão também aumentou consideravelmente no talhão D no ano de 2009, o que se deveu à presença de um grande número de mudas desta espécie a germinar. No talhão C, o número de indivíduos aumentou consideravelmente de 2007 para 2008, devido à introdução de novas espécies no talhão e de mais mudas de espécies já existentes. De 2008 para 2009, o número de indivíduos sofreu um decréscimo devido à morte de diversas mudas de diferentes espécies e à diminuição do número de pés de banana. No caso do Talhão D, o número total de indivíduos presentes no talhão sofreu sempre aumentos consideráveis ao longo do tempo, entre 2007 e 2009, mas diminuindo sempre das amostragens de Março de 2008 e Janeiro de 2009 para as amostragens de Junho de 2008 e Abril de 2009, respectivamente. O aumento do número de indivíduos ao longo do tempo deveu-se, sobretudo, à constante introdução de mudas e de novas espécies e, também, ao cultivo de culturas anuais como o milho, o amendoim e o abacaxi. Já o decréscimo entre as amostragens de 2008 e 2009, respectivamente, deveu-se, principalmente, ao facto de as culturas anuais já terem sido colhidas. As espécies dominantes e, conseqüentemente, preferenciais do agricultor desta UP, são o café, o abacaxi, o mamão, a banana, o araçá-boi, o cupuaçu e a aroeira, entre outras. No SAF desta unidade produtiva encontram-se, de uma forma geral, espécies frutíferas, medicinais e madeiras.

Comparando a UP Boa Vontade com a UP São João, é notório que o SAF da UP São João apresenta uma diversidade de espécies e complexidade bastante mais acentuada, com elevado número de espécies e indivíduos por espécie. Este facto deveu-se, quer às maiores dimensões do SAF em estudo – 30x30m para a UP Boa Vontade e 25x60m para a UP São João –, quer ao maior interesse agrícola, com perspectiva futura de mercado, da família da UP São João.

A Figura 26 apresenta dois gráficos com os tipos de estratos existentes nos talhões C (experimental) e D (controle), respectivamente, assim como os tipos de estratos que apresentam maior diversidade de espécies no SAF, de acordo com o número de espécies presentes em cada talhão, para o período de 2007 a 2009, na UP São João.

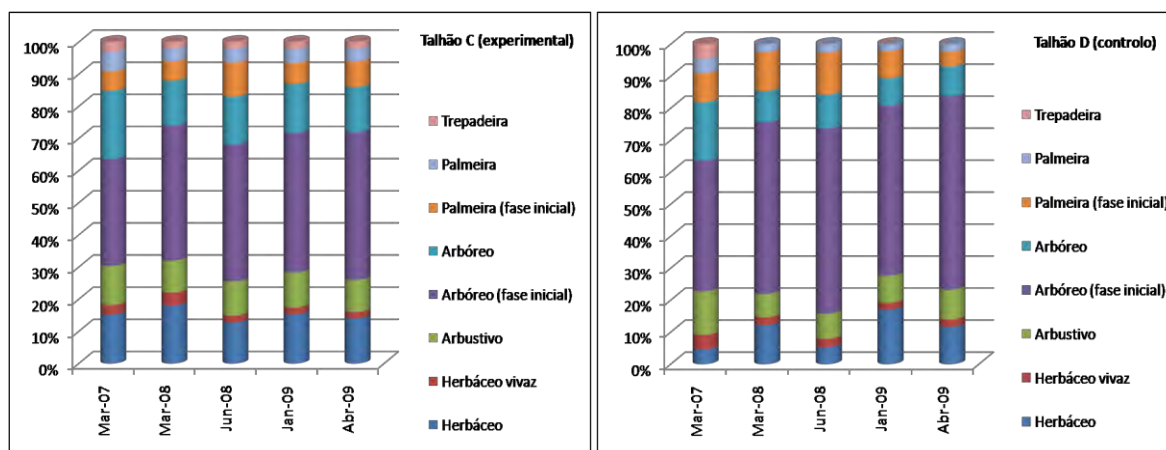


Figura 26: Tipos de estratos existentes nos talhões C – experimental e D – controle, de acordo com as espécies presentes no SAF, ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP São João.

De acordo com a Figura 26, ambos os talhões da UP São João apresentam vários tipos de estrato, mas com diversidade de espécies do estrato arbóreo em fase inicial de crescimento (resultantes do plantio de mudas) visivelmente superior em ambos, para todas amostragens realizadas no período de 2007 a 2009. A presença de espécies do estrato herbáceo foi superior e mais constante no talhão C, uma vez que no talhão D as espécies herbáceas correspondem maioritariamente a culturas anuais e no talhão C a plantas medicinais ou de carácter simbólico. A presença de espécies do estrato arbustivo e arbóreo também é ligeiramente superior no talhão C, ao longo de todas as amostragens, indicando uma maior complexidade neste talhão desde o início da pesquisa. O decréscimo do número de espécies de palmeiras em fase inicial de crescimento no talhão D, ao longo do tempo, deve-se à morte das mudas. O mesmo ocorreu no talhão C, mas aparentemente de forma menos acentuada, indicando maior resistência destas no talhão experimental. Sabe-se que a morte de grande parte das mudas de coco-da-baía se deveu ao ataque de uma praga denominada pelo agricultor de “cascudo” e que se deu sobretudo no talhão D. Tendo em conta que o solo do talhão D se encontrava geralmente mais descoberto, sobretudo por manta morta, esta poderá ser a razão do maior ataque no talhão controle.

III.4.1.2 Cobertura do solo dos SAF's por vegetação e manta morta ao longo do período experimental de 2007 a 2009

Numa visão de produção sustentável, os espaços entre as espécies perenes principais devem ser ocupados com plantas de cobertura viva (denominada neste trabalho por cobertura por vegetação) ou, ainda, cobertura morta (denominada neste trabalho por cobertura por manta morta) formada pela queda das folhas, ramos, frutos, sementes e flores dos componentes do SAF e/ou biomassa fornecida pelas podas periódicas. Considera-se que se está perante um uso eficiente da terra quando o solo não é deixado a descoberto (May *et al.*, 2008).

III.4.1.2.1 Cobertura do solo por vegetação

Nos SAF's onde o espaçamento entre as espécies perenes é elevado, existe o risco de invasão por gramíneas e outras plantas herbáceas de difícil manejo ou onerosa eliminação. Torna-se, assim, imprescindível adensar os espaços entre as espécies prioritárias com espécies de permanência temporária para formar uma cobertura viva do solo. Esta prática tem pelo menos dois objectivos: impedir a invasão por infestantes, gerar rendimento e/ou induzir outras vantagens que promovam a sustentabilidade do SAF (May *et al.*, 2008).

A adubação verde, através da introdução de leguminosas fixadoras de azoto atmosférico de ciclo curto, foi a prática de cobertura viva adoptada para preencher os espaços entre as espécies prioritárias, com o objectivo de aumentar a fertilidade do solo e reduzir a invasão por infestantes, nos talhões B e C (onde se introduziram novas técnicas de manejo do solo). As espécies introduzidas foram o feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), tal como já foi referido em capítulos anteriores.

De seguida, apresentam-se os resultados obtidos para a cobertura do solo por vegetação dos quintais agro-florestais das duas UP's estudadas. Em ambas as UP's, as campanhas de amostragem de Março de 2007 e 2008 e Janeiro e Abril de 2009 foram realizadas durante a estação húmida, ao passo que a campanha de amostragem de Junho de 2008 foi realizada na estação seca. A cobertura do solo por infestantes foi contabilizada nas amostragens realizadas em ambas as UP's.

Na Figura 27 apresenta-se a cobertura do solo por vegetação dos talhões A (controle) e B (experimental), no quintal agro-florestal da UP [Sítio] Boa Vontade, para as campanhas de amostragem realizadas no período de 2007 a 2009.

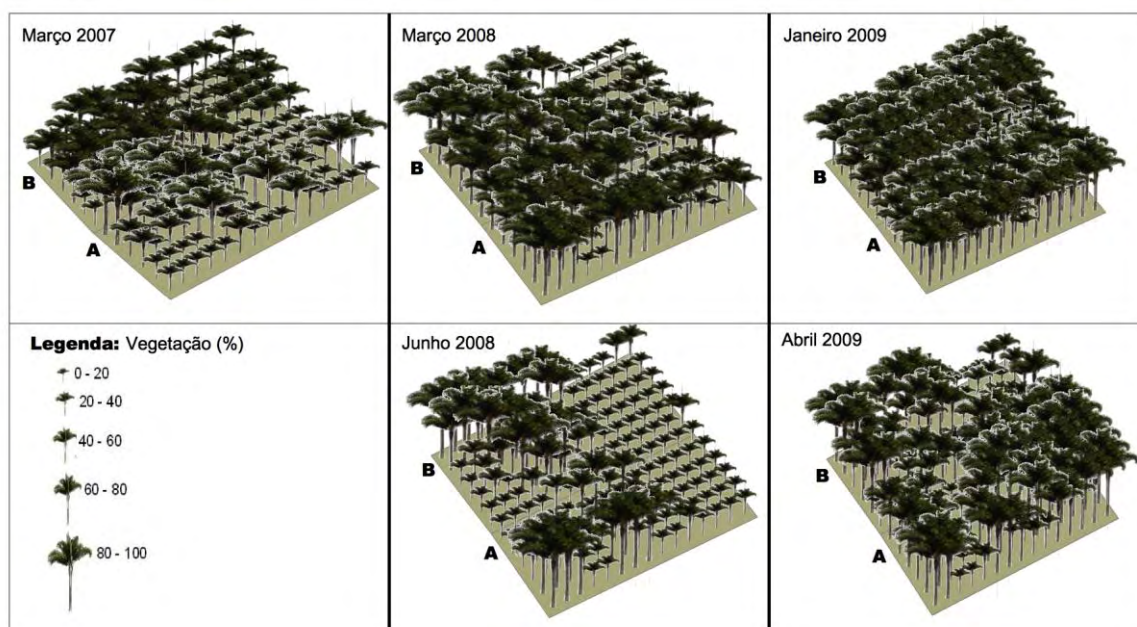


Figura 27: Cobertura do solo por vegetação, em percentagem por unidade de área, nos talhões A (controle) e B (experimental), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.

Pela análise da Figura 27, verifica-se que o solo de ambos os talhões apresenta maior cobertura viva durante a época de chuvas, ou seja, entre Dezembro e Abril. O mês de Janeiro de 2009 evidencia fortemente este aspecto. A forte cobertura do solo por vegetação nesta época deve-se à presença de grandes quantidades de plantas invasoras, para o caso do talhão controle A, e à presença das espécies leguminosas, para o caso do talhão experimental B. O agricultor desta UP não efectuava capinas com frequência no talhão controle, o que levava ao crescimento e adensamento acentuado de plantas invasoras, podendo atingir alturas de cerca de 2m, como aconteceu em 2009. Na estação seca, representada pelo mês de Junho de 2008, o solo apresenta uma cobertura por vegetação bastante inferior, sobretudo na metade direita dos talhões, indicando uma maior concentração de espécies arbóreas na metade esquerda dos mesmos e o desaparecimento de plantas invasoras, devido à escassez de água, e também devido à ausência das espécies leguminosas. Caso não haja cobertura por manta morta, esta menor cobertura por vegetação deixa o solo mais exposto aos raios solares e, consequentemente, ocorre uma maior evapotranspiração, prejudicial ao desenvolvimento das mudas plantadas, devido à escassez de água. Em Março de 2007, a poda das leguminosas ainda não tinha sido realizada quando se

efectuou a amostragem, daí o talhão B apresentar melhor cobertura por vegetação comparativamente ao talhão controlo (a presença de infestantes não terá sido considerada neste ano). Em Março de 2008, a poda já tinha ocorrido, mas somente do feijão-guandu (na altura, o feijão-de-porco não apresentava biomassa suficiente para a sua poda), o que justifica a menor cobertura por vegetação do talhão B, pois o talhão A não tinha sofrido nenhuma capina recente, logo, apresentava grande quantidade de infestantes. A maior cobertura na metade esquerda do talhão experimental deve-se, assim, à presença do feijão-de-porco, que tem tendência a desenvolver-se melhor nesta parte do talhão. A diminuição da cobertura do solo por vegetação de Janeiro de 2009 para Abril de 2009, no caso do talhão experimental B, deve-se à poda das leguminosas efectuada em final de Fevereiro de 2009. Para este mesmo período, no talhão controlo A observou-se uma maior cobertura na metade direita, facto que se deve ainda à presença de plantas invasoras – este talhão foi capinado no final de Março de 2009 apenas na metade esquerda. Esta diferença não é demasiado acentuada por este talhão apresentar uma boa cobertura por vegetação durante todo o ano, na metade esquerda, devido à presença da copa de árvores adultas, em especial de um pé de ingá, de um pé de jaca e de um bacuri.

Na Figura 28 apresenta-se a cobertura do solo por vegetação dos talhões C (experimental) e D (controlo), no quintal agro-florestal da UP [Sítio] São João, para as campanhas de amostragem realizadas no período de 2007 a 2009.

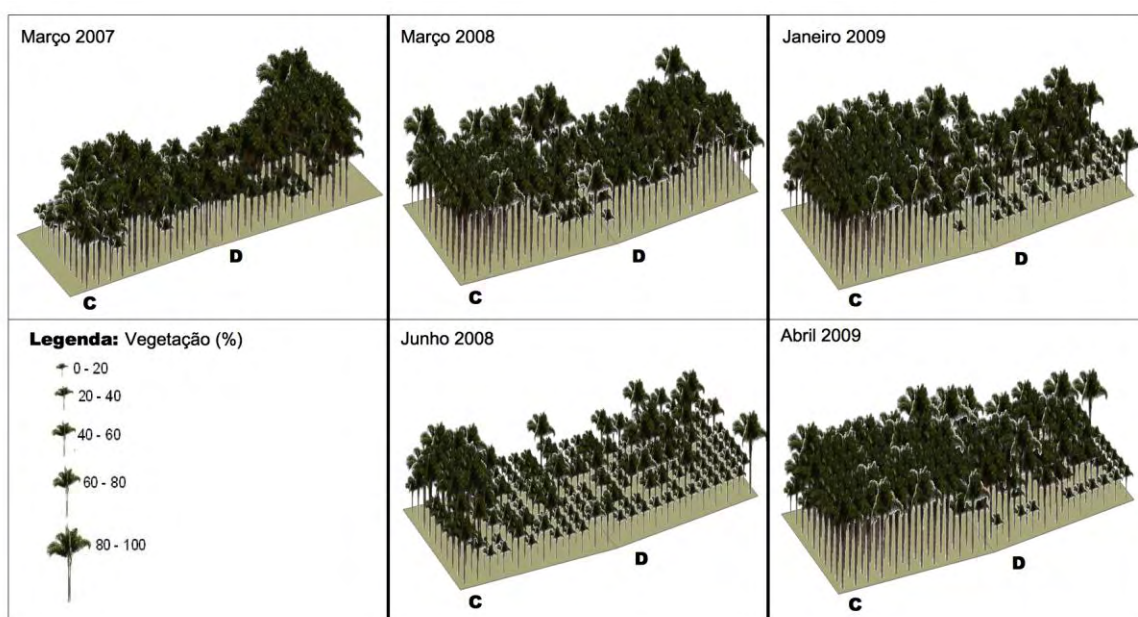


Figura 28: Cobertura do solo por vegetação, em percentagem por unidade de área, nos talhões C (experimental) e D (controlo), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP São João.

Tal como sucedeu na UP Boa Vontade, a cobertura do solo por vegetação em ambos os talhões da UP São João foi superior durante a época de chuvas, como se pode constatar pela análise da Figura 28. Esta maior percentagem de cobertura do solo por vegetação, no talhão experimental C, deve-se, sobretudo, à presença de infestantes (quer rasteiras, quer não rasteiras), além da presença das espécies leguminosas e das espécies produtivas do SAF. Para o caso do talhão controlo D, exceptuando o mês de Março de 2008, a cobertura do solo por vegetação deve-se, sobretudo, à presença das espécies produtivas do SAF (em especial as bananeiras e as culturas anuais plantadas) e não tanto à presença de infestantes, uma vez que este talhão era capinado com frequência. Este facto ganha maior evidência em ambas as amostragens do ano de 2009, quando o talhão experimental C apresenta maior cobertura do solo por vegetação devido à presença de leguminosas neste talhão, mas também à grande quantidade de infestantes que se observaram neste talhão e que não foram observadas no talhão controlo devido à capina deste último com alguma frequência (antes do plantio das leguminosas, o agricultor não quis capinar o talhão experimental, o que afectou bastante o crescimento destas devido ao abafamento das infestantes). Tal como aconteceu na UP Boa Vontade, na época seca, representada pelo mês de Junho de 2008, ambos os talhões da UP São João apresentaram uma menor cobertura viva do solo, pelas mesmas razões apresentadas para o caso da UP Boa Vontade, ou seja, devido à ausência das espécies leguminosas e ao desaparecimento das infestantes. As maiores percentagens de cobertura do solo por vegetação, na época seca, referem-se à presença de espécies arbustivas ou arbóreas, indicando-nos, assim, a forma como o SAF se encontra estruturado no que respeita ao tipo de estrato presente.

III.4.1.2.2 Cobertura do solo por manta morta

A formação e manutenção de uma boa cobertura morta no solo são requisitos fundamentais para assegurar a sustentabilidade do sistema produtivo. Uma boa cobertura por manta morta reduz a evapotranspiração do horizonte superior do solo e favorece a infiltração da água das chuvas (May *et al.*, 2008).

Segundo May *et al.* (2008), a forma mais recomendada para incrementar e manter a cobertura morta é a prática de podas, acompanhando a evolução dinâmica do SAF. Todos os componentes do sistema agro-florestal contribuem para a acumulação de manta morta, principalmente as

espécies perenes submetidas a podas periódicas, nomeadamente os ingás (*inga edulis*), as embaúbas (*Cecropia* spp.) e outras espécies utilizadas para efeitos de sombreamento. Os resíduos vegetais resultantes da capina (selectiva ou não) também actuam como uma poderosa fonte de manta morta e, consequentemente, de matéria orgânica, sobretudo na fase inicial de desenvolvimento de um SAF, pois as plantas concorrentes são eliminadas. As capinas realizadas com o recurso a enxada (em que o solo é raspado, ficando a descoberto) devem ser evitadas, pois, segundo May *et al.* (2008), afectam negativamente a produtividade, facilitam a queima da matéria orgânica acumulada no solo e aceleram a erosão causada pelas chuvas ou ventos.

A poda das espécies leguminosas introduzidas no sistema pretendeu cobrir e proteger o solo com a biomassa resultante desta actividade e manter a manta morta do solo. Ao mesmo tempo, tornava-se uma fonte de alimento para os organismos do solo, que a decompunham e, consequentemente, tornavam os nutrientes disponíveis às plantas, incrementando a fertilidade do solo. No entanto, devido ao clima tropical e à ainda fraca protecção do solo, devido à densidade de espécies por área, a biomassa resultante da poda decompunha-se rapidamente (a fase de rápida decomposição dura apenas 2 a 6 semanas: as folhas desaparecem em cerca de 2 semanas e os ramos mais finos até cerca de 6 semanas ou menos, perdurando mais tempo apenas os ramos lenhosos mais grossos do feijão-guandu).

Os resíduos orgânicos oriundos da capina também são uma boa fonte de cobertura por manta morta, no entanto, esta capina é feita com o recurso a enxada, o que, segundo May *et al.* (2008), é prejudicial ao solo. Para o caso da UP Boa Vontade, após o início dos trabalhos do projecto Guyagrofor, tornou-se prática frequente do agricultor colocar os resíduos orgânicos resultantes da limpeza do terreiro em volta da habitação e da colheita do milho, em ambos os talhões.

De seguida, vão apresentar-se os resultados obtidos para a cobertura do solo por manta morta dos quintais agro-florestais das UP's Boa Vontade e São João. Tal como aconteceu para a cobertura por vegetação, em ambas as UP's, as campanhas de amostragem de Março de 2007 e 2008 e Janeiro e Abril de 2009 foram realizadas durante a estação húmida, ao passo que a campanha de amostragem de Junho de 2008 foi realizada na estação seca.

Na Figura 29 apresenta-se a cobertura do solo por manta morta dos talhões A (controlo) e B (experimental), no quintal agro-florestal da UP [Sítio] Boa Vontade, para as campanhas de amostragem realizadas no período de 2007 a 2009.

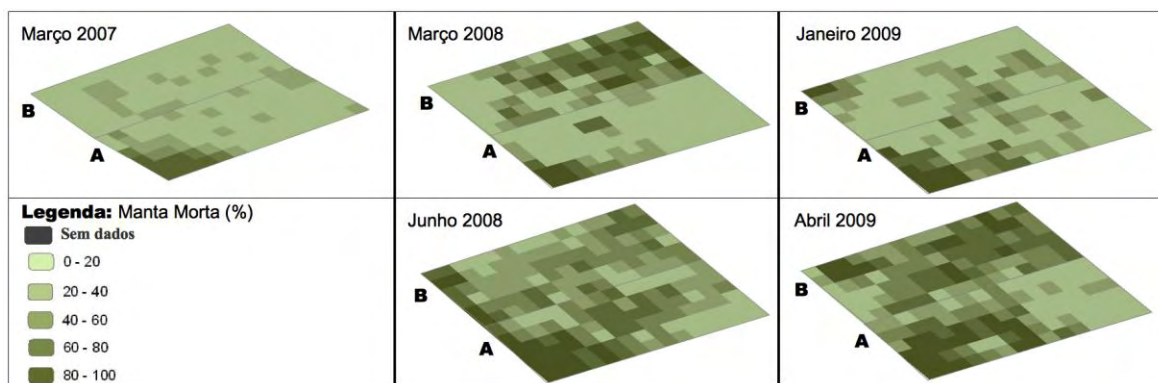


Figura 29: Cobertura do solo por manta morta, em percentagem por unidade de área, nos talhões A (controlo) e B (experimental), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP Boa Vontade.

Pela análise da Figura 29, observa-se um incremento da cobertura do solo por manta morta ao longo do tempo, quer devido à biomassa resultante da poda das espécies leguminosas, quer devido aos resíduos orgânicos oriundos da capina, da limpeza do terreiro, dos resíduos resultantes da colheita do milho, entre outras origens. No início da pesquisa, em 2007, ambos os talhões apresentavam uma baixa cobertura do solo por manta morta, excepto o canto inferior esquerdo do talhão A que contém sempre grandes quantidades de folhada resultante de um ingá (*Inga edulis*) adulto que se encontra encostado ao limite deste talhão. Em Março de 2008, o aumento da percentagem de cobertura do solo por manta morta, em grande parte do talhão B, deve-se à biomassa resultante da poda do feijão-guandu. O incremento da percentagem da cobertura do solo por manta morta, no talhão A, quer de Março de 2008 para Junho de 2008, quer de Janeiro para Abril de 2009, deve-se aos resíduos resultantes da capina do talhão e às podas de limpeza das espécies frutíferas presentes; é visível que a capina não foi realizada na metade direita do talhão A no ano de 2009, pela menor percentagem de cobertura por manta morta. O incremento observado no ano de 2009, de Janeiro para Abril, no talhão B, deve-se à deposição no solo da biomassa resultante da poda das espécies leguminosas realizada em final de Fevereiro de 2009.

Na Figura 30 apresenta-se a cobertura do solo por manta morta dos talhões C (experimental) e D (controlo), no quintal agro-florestal da UP [Sítio] São João, para as campanhas de amostragem realizadas no período de 2007 a 2009.

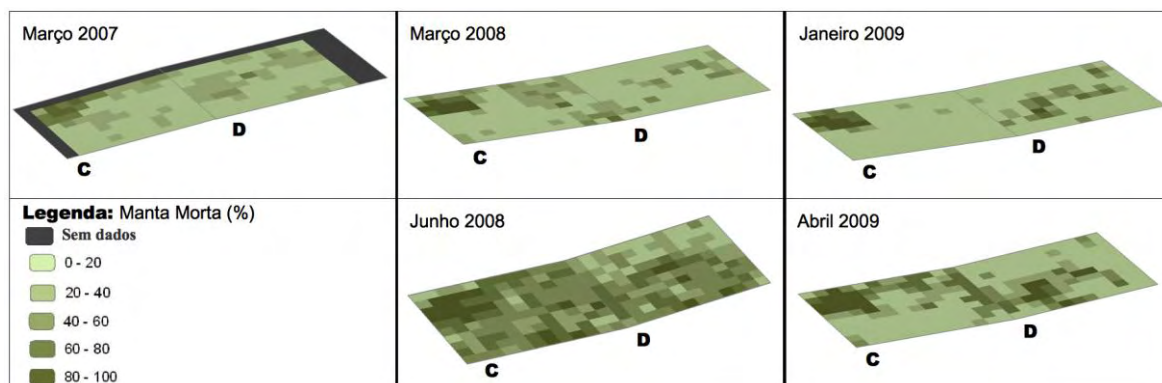


Figura 30: Cobertura do solo por manta morta, em percentagem por unidade de área, nos talhões C (experimental) e D (controlo), ao longo do período experimental de 2007 a 2009, na UP São João.

Como se pode constatar pela análise da Figura 30, as áreas experimentais da UP São João apresentaram, regra geral, uma baixa percentagem de cobertura do solo por manta morta, sobretudo na época de chuvas, tendo sido excepção o mês de Junho de 2008 que corresponde à época seca. Este facto demonstra o que foi observado em campo, isto é, que o desenvolvimento das espécies leguminosas nesta UP foi bastante menor, comparativamente à UP Boa Vontade, resultando numa baixa produção de biomassa proveniente da poda das espécies leguminosas, como se pode observar nos mapas de Março de 2008 e Abril de 2009 para o talhão C (amostragens efectuadas após a poda). Em todas as amostragens, com excepção de Junho de 2008, as maiores percentagens de manta morta, em ambos os talhões, correspondem a locais onde predominavam espécies arbóreas que iam deixando cair as suas folhas; no caso do talhão D essas áreas correspondem sobretudo a folhada oriunda de espécies de ingá que se desenvolveram de forma considerável (sobretudo em 2009) e de embaúba. A presença de infestantes e o fraco desenvolvimento das espécies leguminosas no talhão experimental C e as capinas mais ou menos frequentes no talhão D – que fazem com que as infestantes nunca cheguem a desenvolver-se o suficiente para que a sua biomassa possa cobrir o solo com manta morta –, durante a época de chuvas, explicam a baixa percentagem de manta morta a cobrir o solo desta UP. Em Junho de 2008, que corresponde à época seca, a percentagem de manta morta aumentou consideravelmente em ambos os talhões, ainda que tenha sido ligeiramente superior no talhão C. Tendo em conta a observação de campo efectuada, este aumento resultou, sobretudo, da poda de limpeza das espécies herbáceas vivazes, arbustivas e arbóreas presentes no SAF e dos resíduos orgânicos provenientes da colheita do milho, entre outras origens não identificadas, efectuada em Maio de 2008.

Comparando a percentagem de cobertura por manta morta de Junho de 2008 com a de Janeiro de 2009 (7 meses depois), confirma-se o que é referido por Varennes (2003), ou seja, que a taxa de decomposição em solos tropicais é bastante rápida. Sabe-se, contudo, através da observação de campo realizada, que a taxa de decomposição é mais acelerada na época de chuvas do que na época seca, devido ao maior teor de humidade e à temperatura mais elevada na época das chuvas.

III.4.2 Evolução da fertilidade do solo dos SAF's em estudo, no período de 2007 a 2009

O estudo das características e propriedades do solo são uma importante ferramenta para o planeamento do uso do solo, assim como para a recuperação de áreas degradadas (Juhász *et al.*, 2006).

Segundo Carvalho *et al.* (2004), a adição regular de resíduos de adubos verdes aos solos tropicais, nos quais a matéria orgânica se apresenta geralmente entre 2% e 3%, contribui para a conservação do solo e da água, promovendo, principalmente, a melhoria da sua estrutura, que favorece o arejamento e a infiltração de água no solo e uma maior penetração do sistema radicular. Contudo, a resposta do ecossistema e das espécies e/ou culturas presentes no sistema depende da interacção de factores como a natureza do material, as propriedades do solo, as características das espécies e/ou culturas e o clima (Amabile *et al.*, 1994; Carvalho *et al.*, 2004).

As leguminosas, de um modo geral, possuem a capacidade de fixar o azoto atmosférico através do processo de simbiose com bactérias do género *Rhizobium* e a uma baixa relação C/N, o que favorece a rápida decomposição e liberação deste nutriente para as plantas. A adição de material orgânico mediante a adubação verde proporciona também modificações gerais nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Carvalho *et al.*, 2004).

Neste sub-capítulo são apresentados os resultados obtidos durante a monitorização de nutrientes do solo, no período de 2007 a 2009, nos quintais agro-florestais das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João e nos talhões de referência – floresta e pastagem.

O principal objectivo da monitorização de nutrientes do solo dos SAF's prendeu-se com o estudo da evolução da fertilidade do solo, ao longo do período experimental, após a introdução de leguminosas no sistema e de novas técnicas de manejo do solo. Para este efeito, monitorizaram-se também áreas controlo e de referência (pastagem e floresta), para que se soubesse com maior

certeza se eventuais melhoramentos se deviam à introdução de leguminosas ou a factores externos.

Como já foi referido na metodologia, todas as campanhas de amostragem foram efectuadas após a poda das espécies leguminosas, com excepção da de 2007, que representa a situação inicial dos solos de cada talhão. Apenas se vão apresentar os resultados obtidos em laboratório para a matéria orgânica, a reacção do solo (pH), a capacidade de troca catiónica, o grau de saturação em bases e os macronutrientes (fósforo e potássio disponíveis e cálcio e magnésio trocáveis).

Nos Anexos I e II podem consultar-se as tabelas com os valores da acidez trocável (alumínio trocável) e acidez potencial ($Al^{3+}+H^+$) (valores por ponto de amostragem e valores médios, com os respectivos desvios padrão, por campanha de amostragem). No Anexo III pode consultar-se a tabela com as classes de fertilidade para estes dois parâmetros, segundo a classificação sugerida por Alvarez *et al.* (1999).

Os solos das áreas experimentais de ambas as UP's apresentam uma textura franco-arenosa para a profundidade 0-20cm, com teores médios de argila de $16,7 \pm 2,1\%$ para o talhão controlo A, $15,6 \pm 1,4\%$ para o talhão experimental B, $16,0 \pm 1,5\%$ para o talhão experimental C e $16,2 \pm 2,0\%$ para o talhão controlo D. Os talhões de referência E e F apresentam uma textura franco-argilo-arenosa, diferente da textura grosseira das áreas experimentais, com teores mais elevados de argila ($20,2 \pm 3,2\%$ para o talhão E – pastagem – e $30,7 \pm 3,6\%$ para o talhão F – floresta).

A Tabela 9 apresenta a qualidade média inicial do solo das áreas em estudo nas UP's Boa Vontade e São João (campanha de amostragem realizada em Março de 2007).

Tabela 9: Qualidade inicial do solo dos talhões controlo e experimentais, nas UP's Boa Vontade e São João (campanha de amostragem realizada em Março de 2007).

	Talhão A	Talhão B		Talhão D	Talhão C
	Controlo	Tratamento		Controlo	Tratamento
Matéria Orgânica (%)	1,35 ± 0,40	1,21 ± 0,32	Matéria Orgânica (%)	1,37 ± 0,38	1,17 ± 0,21
pH (CaCl₂)	5,3 ± 0,3	5,3 ± 0,2	pH (CaCl₂)	5,3 ± 0,3	5,3 ± 1,0
CTC_{total} (cmol_e/dm³)	4,47 ± 0,91	4,03 ± 0,76	CTC_{total} (cmol_e/dm³)	4,45 ± 0,80	4,13 ± 0,48
Grau Sat. Bases (%)	59,3 ± 9,1	60,7 ± 5,2	Grau Sat. Bases (%)	56,8 ± 10,1	54,4 ± 25,2
P Disponível (mg/dm³)	13,0 ± 9,5	9,3 ± 7,2	P Disponível (mg/dm³)	5,1 ± 4,0	13,4 ± 12,5
K⁺ Disponível (mg/dm³)	69 ± 32	55 ± 24	K⁺ Disponível (mg/dm³)	58 ± 29	60 ± 29
Ca²⁺ Trocável (cmol_e/dm³)	2,01 ± 0,69	1,88 ± 0,43	Ca²⁺ Trocável (cmol_e/dm³)	2,00 ± 0,62	1,83 ± 0,94
Mg²⁺ Trocável (cmol_e/dm³)	0,53 ± 0,23	0,43 ± 0,12	Mg²⁺ Trocável (cmol_e/dm³)	0,41 ± 0,22	0,29 ± 0,14

Legenda: Muito Baixo Baixo Médio Alto

De acordo com as características apresentadas na Tabela 9, constata-se que a qualidade inicial do solo das áreas em estudo é bastante idêntica em ambas as UP's. No entanto, na UP Boa Vontade, o talhão controle A apresentou uma condição inicial de qualidade do solo melhor que o talhão experimental B, obtendo, o primeiro, uma classificação média, segundo as classes de fertilidade para solos tropicais sugeridas por Alvarez *et al.* (1999), para a maioria dos parâmetros analisados (foi exceção o teor de matéria orgânica que apresentou uma classificação baixa), e o talhão B uma classificação baixa-média (foi exceção o grau de saturação em bases que apresentou uma classificação alta). Na UP São João, o talhão controle D também apresentou, em média, uma condição inicial de qualidade do solo melhor que o talhão experimental C (em termos quantitativos), tendo sido exceção o fósforo e o potássio disponíveis. A classificação do talhão controle D foi, regra geral, média (apresentou classificação baixa para a matéria orgânica e magnésio trocável e muito baixa para o fósforo disponível). A classificação do talhão experimental C também foi, regra geral, média, mas obtendo uma classificação baixa para a matéria orgânica, capacidade de troca catiónica e magnésio trocável. Os macronutrientes no solo apresentaram, para todos os talhões, uma variação elevada, sobretudo o fósforo disponível, o que indica que a distribuição destes nutrientes é bastante heterogênea, apresentando valores muito baixos em determinadas áreas dos talhões e teores elevados noutras.


III.4.2.1 Matéria orgânica


A matéria orgânica (MO) provém da acumulação e decomposição de resíduos de origem vegetal (raízes, ramos, folhas, frutas, etc.) ou animal (estrupe, corpos de vermes, etc.), representando a vegetação o principal material a partir da qual ela se origina (Costa, 1999; Lepsch, 1993). A decomposição destes resíduos passa por diversas e complexas transformações (mineralização e humificação), tornando-se, com o tempo, um produto escuro, finamente dividido, muito estável e no qual não se reconhecem os materiais que lhe deram origem, denominado húmus (INIA, 2000; Lepsch, 1993). O húmus representa normalmente 60 a 80% da matéria orgânica total dos solos e é a fracção que apresenta maior interesse em termos de fertilidade, uma vez que é nele que se encontram as propriedades coloidais, o poder de complexação de elementos e a retenção de água (INIA, 2000; Santos, 1996; Varennes, 2003). Por outro lado, a mineralização permite repor, em condições de assimilabilidade, os minerais que as plantas retiraram do solo. Desta forma, os processos de humificação e mineralização devem manter-se em equilíbrio, pois só deste modo o


solo, e consequentemente as plantas, beneficiará do húmus e sais minerais, simultaneamente (Cerqueira, 2001).


Este parâmetro representa, usualmente, 1 a 6% da massa total da camada arável dum solo mineral e influencia as suas propriedades físicas e químicas, encontrando-se fortemente implicado na capacidade produtiva dos solos, dizendo-se até, muitas vezes, que constitui a verdadeira base da fertilidade (Santos, 1996; Varennes, 2003).


A influência benéfica da matéria orgânica na fertilidade dos solos manifesta-se sob diversos aspectos, dos quais se salientam alguns (Lepsch, 1993; Santos, 1996; Varennes, 2003):

 Permite a aglomeração das partículas minerais, que contribuem para a melhoria da estrutura do solo, favorecendo, assim, o movimento da água, do ar e até das próprias raízes das plantas;

 A sua presença permite que as plantas absorvam alguns compostos orgânicos que estimulam o seu crescimento;

 É uma importante fonte dos macronutrientes azoto, fósforo e enxofre e de micronutrientes, que se vão libertando à medida que vai ocorrendo a mineralização;

 A sua acção complexante em relação a alguns micronutrientes, em especial o alumínio, reduz o risco de intoxicação das plantas por estes e aumenta a disponibilidade de fósforo no solo;

 Aumenta o poder tampão do solo, ou seja, cria condições para que o pH não se altere com grande facilidade;

 Constitui o principal suporte energético e nutritivo dos microrganismos.

Parte da matéria orgânica perde-se do solo sob a forma de CO₂ devido à respiração dos organismos, o que leva à necessidade de reposições constantes desta para manter o nível existente no solo. Nos ecossistemas naturais existe um equilíbrio entre estas perdas e as adições resultantes dos resíduos vegetais e animais. Quando se convertem estes solos em solos agrícolas, a perda de matéria orgânica ocorre de forma mais acentuada, até se atingir um novo equilíbrio num patamar mais baixo (Varennes, 2003).

O teor de matéria orgânica no solo depende de vários factores como o tipo de cultura, o clima, o solo, as práticas culturais e a adição ou não de fertilizantes orgânicos. O clima influencia o tipo de vegetação existente e a taxa de decomposição da matéria orgânica. Assim, em climas quentes, o teor de matéria orgânica é menor do que em climas frios, porque, nos primeiros, a mineralização é

mais rápida (enquanto a taxa de decomposição é cerca de 2% ao ano em regiões temperadas, nos trópicos pode chegar aos 8%); em solos húmidos e quentes, a fase de rápida decomposição dura apenas 3 a 6 semanas, dependendo do tipo e quantidade de resíduos no solo. Numa mesma região, os solos de textura mais fina têm maior teor de matéria orgânica do que os de textura mais grosseira, devido aos complexos argilo-húmicos que se estabelecem nos primeiros (Varennnes, 2003).

Os solos das regiões tropicais são, normalmente, pobres em matéria orgânica, devido ao favorecimento da decomposição dos resíduos vegetais pelas temperaturas e humidade do solo prevalentes (Varennnes, 2003).

A classificação dos teores de matéria orgânica do solo pode realizar-se de acordo com o indicado na Tabela 10.

Tabela 10: Classificação do solo de acordo com o seu teor em matéria orgânica (adaptado de Alvarez *et al.*, 1999).

Classificação	Matéria Orgânica (%)¹
Muito baixo	≤ 0,70
Baixo	0,70 – 2,00
Médio	2,00 – 4,00
Bom	4,00 – 7,00
Muito Bom	> 7,00

1 – Método Walkley & Black; M.O.=1,724 x C.O. onde M.O. = Matéria Orgânica e C.O. = Carbono Orgânico

Na Figura 31 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial da matéria orgânica nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas para o estudo da evolução do teor de matéria orgânica no solo das áreas amostradas correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 10.

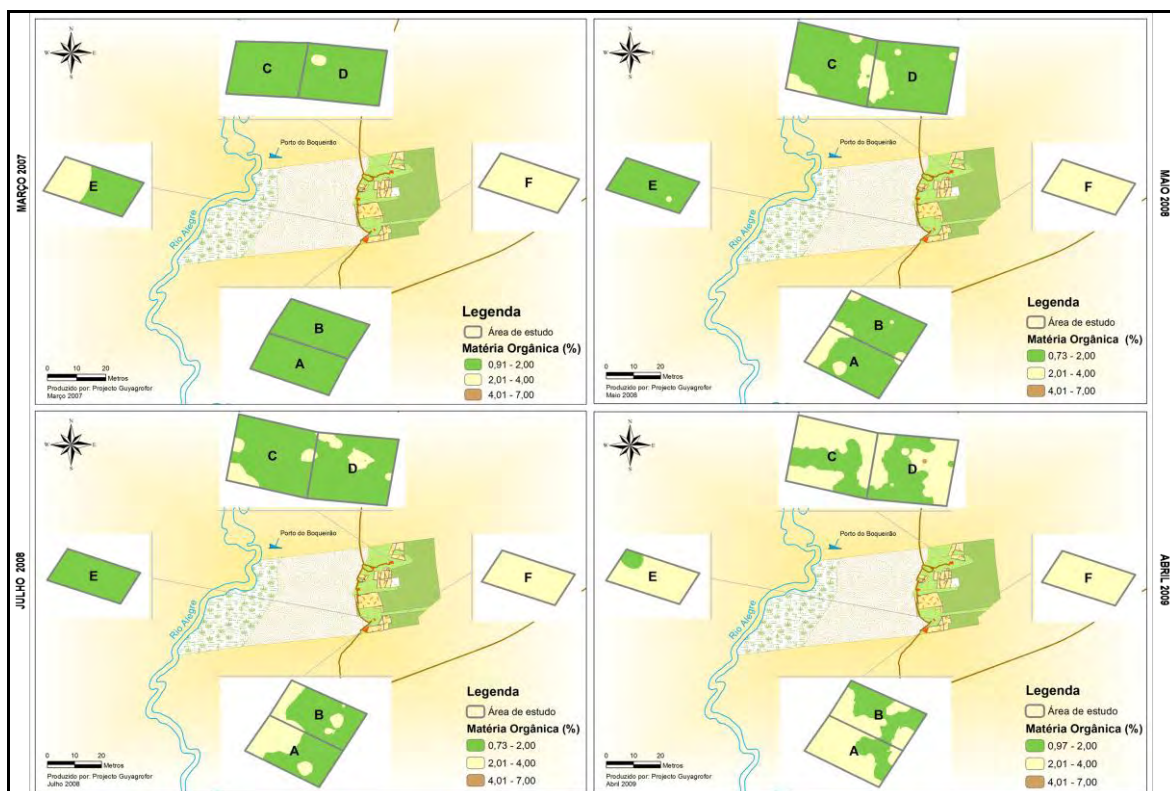


Figura 31: Evolução do teor de matéria orgânica no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

De acordo com os mapas da Figura 31 e com as classes de análise utilizadas, verifica-se que ocorreu um aumento mais ou menos gradual de teores baixos para teores médios de MO ao longo do tempo, quer nos talhões experimentais, quer nos talhões controle, de ambas as UP's, com maior relevância em 2009. As áreas com teores de MO médios correspondem a áreas com maior cobertura viva e/ou morta e com presença de plantas arbóreas e/ou arbustivas, onde o solo está constantemente coberto por folhas, sobretudo em 2009 (excepto o lado direito do talhão D, pois esta parte do talhão apresentou baixa cobertura viva e morta), ou devido à presença de troncos em decomposição, para o caso dos talhões C e D, em 2008. A mudança de atitude por parte dos agricultores, sobretudo do proprietário dos talhões A e B, quanto à forma de manejo do solo, também terá tido o seu contributo no aumento deste parâmetro, pois todos os materiais orgânicos, resultantes da limpeza dos terreiros e da capina eram deixados ou transportados para ambos os talhões. A introdução e poda das leguminosas também terá tido aqui o seu contributo nos talhões B e C, uma vez que esta era a principal fonte de manta morta destes talhões (além de alguns dos materiais orgânicos referidos atrás para o caso da UP [Sítio] Boa Vontade e da folhada sempre presente em determinados pontos, oriunda de espécies arbóreas presentes no sistema).

A área de pastagem (talhão E) apresentou algumas oscilações ao longo do tempo, apresentando teores de matéria orgânica baixos-médios para as amostragens de 2007 e 2009, mas teores baixos para as amostragens de 2008. Pela observação de campo, sabe-se que esta área de pastagem fica praticamente inundada na época das chuvas, apresenta uma coloração acinzentada, solo macio na época das chuvas e bastante duro na época seca, indicando, de acordo com a descrição de Miranda & Amorim (2001), ser um plintossolo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, com características hidromórficas. Segundo Varennes (2003), o teor de matéria orgânica depende de vários factores, entre eles o clima e as características do solo (nomeadamente o teor de argila, a textura, o teor de humidade). Perante este cenário, as oscilações observadas no talhão E poderão estar associadas às características do solo no que respeita ao teor de humidade e argila, pois os teores mais elevados de matéria orgânica corresponderam às amostragens de 2007 e 2009, que foram realizadas na época de chuvas (solo bastante húmido e com maiores teores de argila, segundo a análise granulométrica realizada em laboratório), enquanto os teores baixos deste parâmetro corresponderam às amostragens de 2008, realizadas em época seca (em que o solo se apresentou mais duro, mais seco e com teores de argila inferiores, segundo a análise granulométrica realizada em laboratório).

A área de floresta (talhão F) indicou um teor de MO sempre médio para todas as campanhas de amostragem realizadas, apresentando uma concentração mais ou menos constante ao longo do tempo. No entanto, sabe-se que, em termos médios, a área de floresta apresentou um incremento deste parâmetro ao longo do tempo ($2,78 \pm 0,22\%$, em 2007, para $3,54 \pm 0,33\%$, em 2009). Contudo, a análise das áreas de estudo em termos médios será realizada mais à frente. É visível que a área de floresta (talhão F) apresentou um teor médio e mais constante de MO, comparativamente com os quintais agro-florestais em estudo. Estes sofreram maiores oscilações e teores sempre baixos, em termos médios, deste parâmetro, mas com uma evolução progressiva para teores médios ao longo do tempo. Sabendo que estes quintais agro-florestais já foram áreas de floresta no passado, verifica-se, desta forma, o que é referido por Varennes (2003), ou seja, a conversão de solos florestais em áreas agrícolas conduzem a uma perda de matéria orgânica mais acentuada, atingindo-se um novo equilíbrio num patamar mais baixo. Verifica-se, também, que a recuperação destas áreas através do recurso a SAF's leva o solo a evoluir para patamares mais elevados de matéria orgânica, acreditando-se que poderá atingir os valores característicos das áreas de floresta nativa, ainda que de forma muito lenta.

Considera-se, desta forma, que as técnicas de manejo implementadas, assim como a alteração de atitude por parte dos agricultores no que respeita à forma de manejo do solo, terão tido uma influência mais acentuada no teor de matéria orgânica do solo dos SAF's, uma vez que as oscilações do talhão E dever-se-ão às suas características hidromórficas.

III.4.2.2 Reacção do solo

A reacção do solo, traduzida pelo pH, é uma importante propriedade do solo que influencia as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, determinando o tipo de vegetação existente, a actividade dos microrganismos, a estabilidade dos agregados e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Varennnes, 2003). Os nutrientes essenciais às plantas ficam menos disponíveis para valores extremos de pH e outros elementos ficam disponíveis em quantidades tais que se tornam tóxicos, por isso, é também um bom indicador de problemas de fertilidade (Bridges, 1997).

O pH do solo varia, geralmente, entre 3 e 10. Nas regiões húmidas pode variar entre 5 e 7 e nas regiões áridas entre 7 e 9 (Bridges, 1997).

As espécies vegetais têm diferentes preferências em relação ao pH do solo, no entanto, a maior parte das culturas cresce bem em solos com uma reacção próxima da neutralidade (Varennnes, 2003), sendo, geralmente, o pH óptimo para a absorção de nutrientes pelas plantas entre 5-6 (Carazza, 2006). Valores de pH, geralmente, inferiores a 4,5 podem prejudicar a nutrição e desenvolvimento das plantas devido ao excesso de alumínio, ferro e manganês (que se tornam disponíveis), ao baixo teor e muito fraca assimilabilidade de cálcio, à fraca assimilabilidade de enxofre, molibdénio, cobre e zinco e, além disso, é desfavorável à humificação e nitrificação. Para valores de pH elevados, geralmente superiores a 7,5, haverá abundância de cálcio assimilável e boas condições de nitrificação, mas será fraca ou muito fraca a assimilabilidade de ferro, manganês, cobre, zinco, fósforo e boro (Costa, 1999). No Brasil, a maioria dos solos apresenta uma acidez elevada, ou seja pH menor que cinco, sendo necessário, por vezes, tomar medidas correctivas se o seu pH não for favorável ao tipo de cultura que se pretenda cultivar (Soares *et al.*, 2004).

Segundo Freire *et al.* (2000), a acidez de um solo está relacionada com a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), a acidez trocável (ou Al^{3+} trocável) e o grau de saturação em bases, assim como com a matéria orgânica. A presença de altos teores do ião alumínio (Al^{3+}) torna o fósforo pouco disponível, aumenta a acidez e prejudica as raízes das plantas mais sensíveis (Costa & Resende, 1994).

A classificação dos solos segundo a sua reacção pode realizar-se de acordo com o indicado na Tabela 11.

Tabela 11: Classificação dos solos segundo a sua reacção (adaptado de Rajj *et al.*, 1996).

Classificação	pH (CaCl ₂)
Muito baixo (Acidez muito elevada)	≤ 4,3
Baixo (Acidez elevada)	4,4 – 5,0
Médio (Acidez média)	5,1 – 5,5
Alto (Acidez baixa)	5,6 – 6,0
Muito alto (Acidez muito baixa)	>6,0

Na Figura 32 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial da reacção do solo (pH CaCl₂) nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas para o estudo da evolução da reacção do solo das áreas amostradas correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 11.

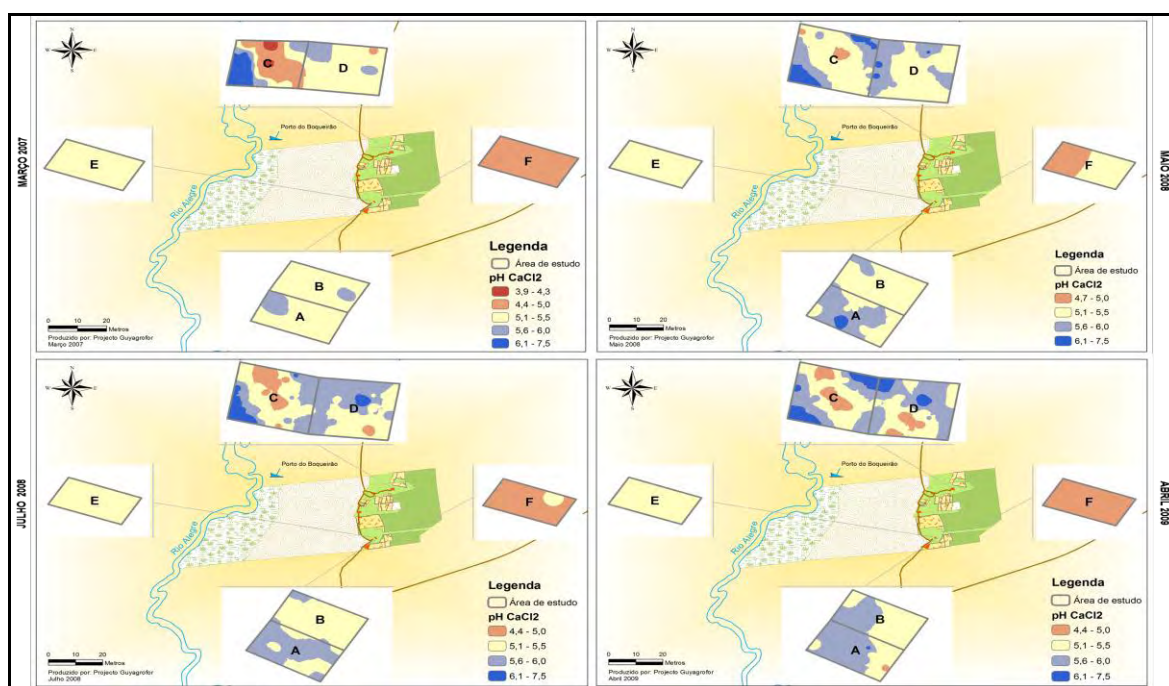


Figura 32: Evolução da reacção do solo (pH CaCl₂), nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

De acordo com a Figura 32, os solos dos talhões controlo A e D e do talhão experimental B apresentaram uma acidez do solo maioritariamente média e baixa em todas as amostragens, com valores de pH entre 5,1 e 6,0, observando-se alguma evolução de uma acidez média para baixa ao longo do tempo, sobretudo nos talhões A e D (em Abril de 2009, o talhão D apresentou também uma pequena área com uma acidez elevada). Este facto indica que estes três talhões se encontram

dentro do pH óptimo (5-6) definido por Carazza (2006) para a absorção de nutrientes pelas plantas. No talhão C, o solo apresentou características mais heterogêneas, com valores de pH maioritariamente baixos (4,4 e 5,0) em grande parte do talhão, para a situação inicial, em 2007, contrastando com valores muito altos (6,6-6,8) na margem inferior esquerda do talhão, para o mesmo ano. Nas amostragens seguintes esta situação pareceu melhorar, apresentando sempre, contudo, uma acidez elevada na zona central do talhão e diminuindo até uma acidez muito baixa à medida que se aproxima dos limites da área. As diferenças entre 2007 e as amostragens subsequentes poderão dever-se, sobretudo, à alteração de metodologia utilizada para a recolha de amostras de solo (o número de amostras duplicou e o ponto de amostragem também diferiu ligeiramente). No entanto, a presença constante de um pH baixo na zona central do talhão indica que este está a ser influenciado por algum factor diferente nesta área comparativamente com as restantes áreas deste e dos outros talhões. Segundo Freire *et al.* (2000), a acidez de um solo está relacionada com a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), a acidez trocável (ou Al^{3+} trocável) e o grau de saturação em bases, assim como com a matéria orgânica. Em todos os talhões e em todas as campanhas de amostragem realizadas, o solo apresentou ausência de alumínio trocável ou valores, em média, baixos ou muito baixos (ver Tabelas 1 a 4 do Anexo I). Contudo, os pontos onde o solo apresentou teores baixos ou muito baixos de acidez trocável correspondem precisamente aos pontos onde o solo apresentou valores de pH baixos ou muito baixos e de acidez potencial mais elevados (i. e., sempre superiores à soma de bases), ou seja, na zona central do talhão C e no talhão F (ver Tabelas 2 e 3 do Anexo II). Este facto indica que, mesmo baixas quantidades de ião alumínio provocam um aumento da acidez potencial e, conseqüentemente uma diminuição do pH. O grau de saturação em bases (ver Figura 34) apresentou valores sempre superiores a 40%, para o caso dos talhões da UP Boa Vontade, e maioritariamente superiores a 40% para os talhões da UP São João, justificando-se também, desta forma, os valores médios e favoráveis de pH destas áreas. Os pontos que apresentaram um pH baixo, sobretudo no talhão C, estão sempre associados a um grau de saturação em bases igualmente baixo e inferior a 40% (ver Figura 34) e uma acidez potencial mais elevada com uma presença de iões alumínio trocável baixa (ver Tabelas dos Anexos I e II). Ainda nestes pontos de pH mais baixo, o teor de MO apresentou-se igualmente mais baixo (ver Figura 31). Os valores baixos de pH ou a presença de baixos teores de alumínio parecem inibir o normal crescimento das leguminosas introduzidas, pois o talhão experimental C apresentou sempre uma menor biomassa e crescimento destas espécies, sobretudo nestes pontos de baixo pH e presença mínima de alumínio trocável. Os talhões da UP Boa Vontade indicaram ausência de

alumínio em todas as amostragens (ver Tabela 1 do Anexo I) e um excelente crescimento das leguminosas e da quantidade de biomassa.

As áreas de referência E e F (pastagem e floresta, respectivamente) apresentaram características de acidez do solo mais ou menos constantes em todas as amostragens, com uma acidez média para a área de pastagem e uma acidez quase sempre elevada para a área de floresta primária. Tal como aconteceu para os talhões controlo e experimentais, os valores de pH médios do talhão E nas amostragens de Maio e Julho de 2008 estão associados a um grau de saturação em bases superior a 40% (ver Figura 34), ao passo que os teores de pH baixos do talhão F estão associados a um grau de saturação em bases igualmente baixo (ver Figura 34) e a uma acidez potencial mais elevada (característico de solos ácidos) (ver Tabela 3 do Anexo II).

III.4.2.3 Capacidade de Troca Catiónica e Grau de Saturação em Bases

A capacidade de troca catiónica (CTC) mede a totalidade de cargas positivas (dos catiões) que um solo pode absorver e trocar a determinado pH (Varennnes, 2003), sendo uma característica de grande importância para a retenção de nutrientes e de água e para o poder tampão do solo (Santos, 1996). Está relacionada com a textura do solo, com o tipo de argila existente, quantidade e tipo de matéria orgânica e pH. A CTC será maior para um pH alcalino dado que a proporção de cargas negativas variáveis é maior (a um pH baixo estão presentes as cargas negativas permanentes dos minerais argilosos e apenas uma pequena quantidade de cargas variáveis). Os solos arenosos têm uma CTC mais baixa do que os solos de textura mediana ou fina, assim como os solos ricos em hidróxidos de alumínio e óxidos e oxi-hidróxidos de ferro, comuns das regiões tropicais, que também apresentam valores muito baixos de CTC. Solos ricos em matéria orgânica, em especial húmus, terão uma CTC mais elevada do que solos pobres (Varennnes, 2003).

Os catiões de troca mais importantes do ponto de vista quantitativo são o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, o hidrogénio e o alumínio. No entanto, a composição do complexo de troca depende da região climática. Assim, em regiões com elevada precipitação, ocorre perda de cálcio e magnésio por lixiviação, resultando em solos ácidos com predominância de iões alumínio; em regiões com menor precipitação, os solos tenderão a ser neutros ou alcalinos. De uma maneira geral, o alumínio em solução é muito baixo e o cálcio e magnésio são predominantes no complexo de troca (Varennnes, 2003).

A capacidade de troca catiónica está relacionada com o grau de saturação em bases, onde este último é a proporção de bases de troca (cálcio, magnésio, potássio e, por vezes, o sódio) no complexo de troca (Lopes & Guilherme, 1992; Varennes, 2003).

A Tabela 12 indica as classes de interpretação da fertilidade para a capacidade de troca catiónica total (CTC_{total}), assim como para o grau de saturação em bases (GSB).

Tabela 12: Classificação dos solos de acordo com a sua capacidade de troca catiónica total e grau de saturação em bases (adaptado de Alvarez *et al.*, 1999).

Classificação	CTC total ¹ (cmol _c dm ⁻³)	Grau Saturação em Bases ² (%)
Muito Baixo	≤ 1,60	≤ 20,0
Baixo	1,61 – 4,30	20,1 – 40,0
Médio	4,31 – 8,60	40,1 – 60,0
Bom	8,61 – 15,00	60,1 – 80,0
Muito Bom	> 15,00	> 80,0

1 – CTC total = SB + (H + Al); 2 – GSB = 100 x (SB/CTC total) onde SB = soma de bases (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺)

Na Figura 33 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial da capacidade de troca catiónica total do solo nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas para o estudo da evolução da capacidade de troca catiónica do solo das áreas amostradas correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 12.

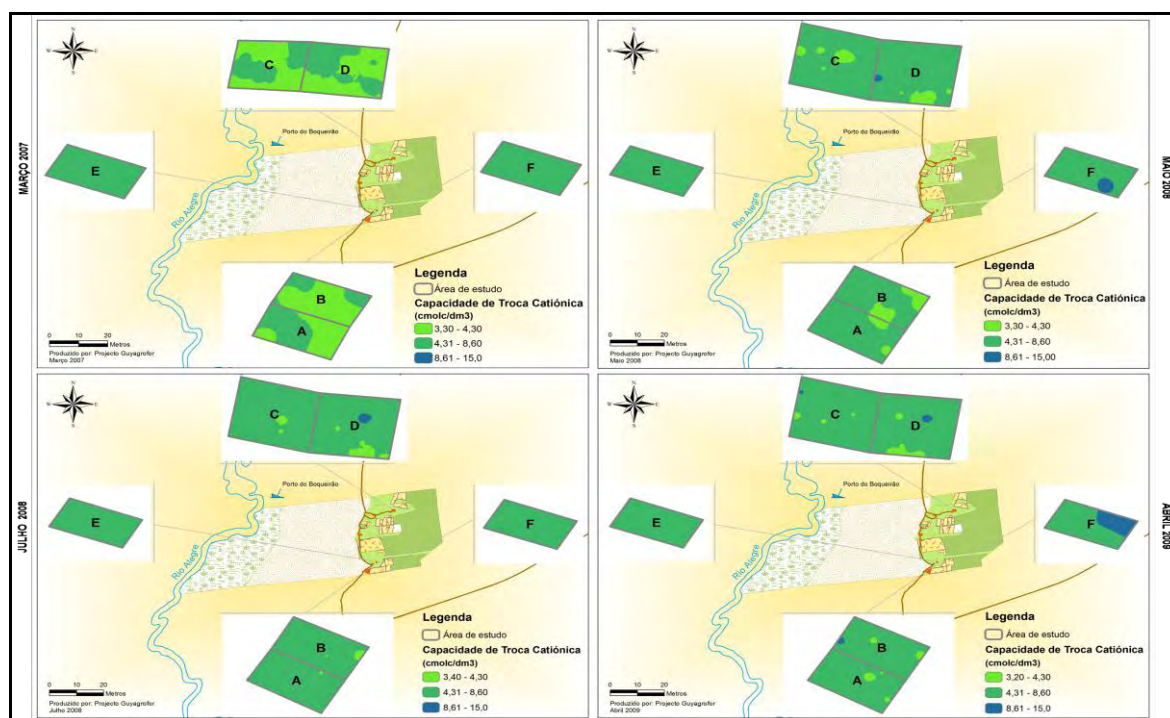


Figura 33: Evolução da capacidade de troca catiónica do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

De acordo com os mapas da Figura 33, a capacidade de troca catiónica sofreu um aumento visível de 2007 para 2008 nos talhões controle e experimentais de ambas as UP's, passando de teores de CTC maioritariamente baixos e médios para teores de CTC, regra geral, médios nas amostragens de 2008 e 2009. Este facto poderá estar associado à alteração da metodologia de amostragem utilizada em 2007 para as subsequentes, indicando, contudo, que os talhões apresentariam teores de CTC mais baixos nas zonas centrais das parcelas (locais onde foram recolhidas as amostras de solo em 2007).

A área de pastagem (talhão E) apresentou teores de CTC mais ou menos constantes, ao longo do tempo, ao passo que a área de floresta (talhão F) apresentou teores altos de CTC num ponto da amostragem de Maio de 2008 e Abril de 2009 (estes pontos de elevada CTC estão associados a um GSB elevado em Maio de 2008 (ver Figura 34) e a uma elevada acidez potencial em 2009 (ver Tabela 3 do Anexo II)). Tal como aconteceu com o pH, os valores de CTC estão associados, sobretudo, às bases de troca (cálcio, magnésio e potássio), pois a soma de bases foi, regra geral, superior à acidez potencial do solo (foi exceção os pontos onde o pH foi mais baixo, como já foi referido no item anterior), ou seja, nos talhões A, B, D e E a CTC está maioritariamente associada ao GSB e à ausência de alumínio trocável, enquanto que nos pontos de baixo pH do talhão C e no talhão F, a CTC está maioritariamente associada à acidez trocável e potencial (característicos de solos ácidos).

Apesar de não ser visível nos mapas, devido à escala das classes de fertilidade utilizada, sabe-se que a CTC acompanhou o aumento da matéria orgânica ao longo do tempo, quer nos talhões controle, quer nos talhões experimentais, quer na área de floresta nativa.

Na Figura 34 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial do grau de saturação em bases do solo nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas para o estudo da evolução do grau de saturação em bases do solo das áreas amostradas correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 12.

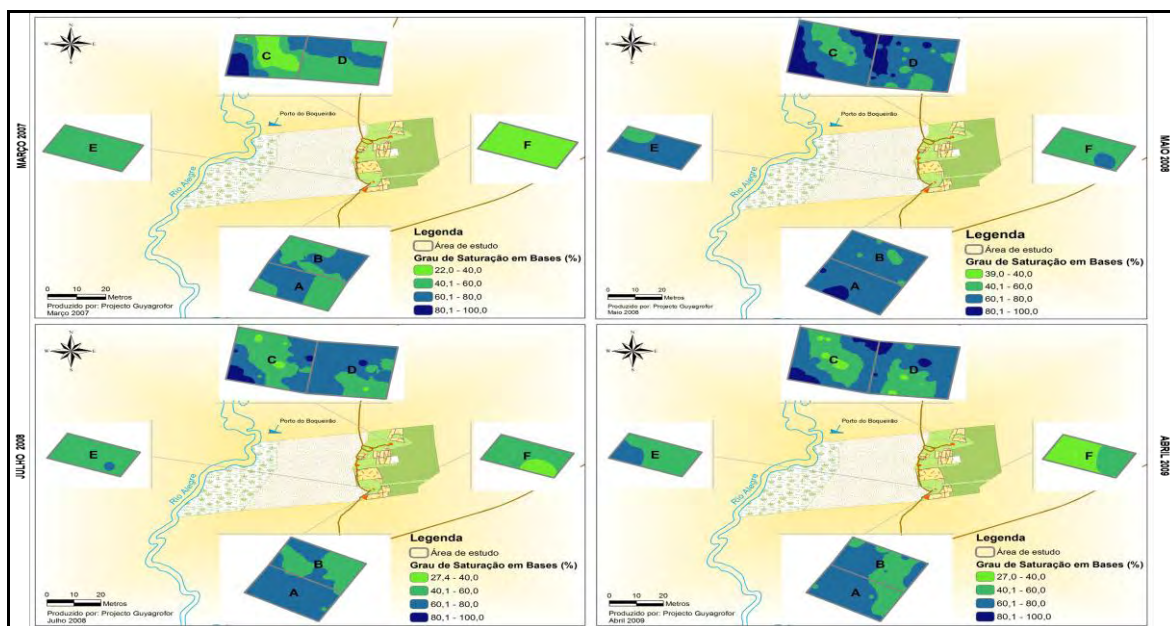


Figura 34: Evolução do grau de saturação em bases do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

De acordo com os mapas da Figura 34, verifica-se que ocorreu um aumento do GSB de 2007 para as amostragens subsequentes, mas com maior impacto de 2007 para Maio de 2008, nos talhões controlo e experimentais de ambas as UP's, passando de valores maioritariamente médios e altos (também baixos para o talhão C) em 2007, para valores maioritariamente altos em Maio de 2008. Este facto poderá estar associado, mais uma vez, à alteração da metodologia de amostragem utilizada de 2007 para as amostragens seguintes, uma vez que os talhões referência também apresentaram um aumento do GSB. No entanto, mostra também que a situação inicial do solo indicava uma condição inferior relativamente aos anos posteriores e/ou que as áreas centrais das parcelas apresentavam também uma qualidade do solo inferior.

De Maio para Julho de 2008 houve uma diminuição do GSB em todos os talhões (controlo, experimentais e referência), observando-se o mesmo comportamento para o pH (ver Figura 32), embora de forma menos acentuada (o talhão E não apresentou variações para o pH). Contudo, a CTC manteve-se mais ou menos constante (ver Figura 33), tendo inclusive aumentado em termos médios para todos os talhões. A diminuição do pH e do GSB e o aumento da CTC indicam, assim, que a acidez potencial do solo aumentou (sobretudo no que respeita aos teores de hidrogénio no solo) (ver Tabelas 1 a 4 do Anexo II). A perda de bases de troca no solo, observada neste período, poderá estar associada ao seu consumo pelas plantas, mas também a alguma perda por lixiviação, embora em menor escala, dado que quase não choveu entre Maio e Julho de 2008 (a precipitação

total entre Maio (após a recolha das amostras de solo) e Julho foi inferior a 15,0mm). O maior teor de bases de troca, em Maio de 2008, poderá estar também associado a uma maior mineralização da matéria orgânica que possa ter ocorrido nesta altura, em princípio, promovida pela queda de precipitação no final de Abril de 2008 (especificamente a 29 de Abril), uma vez que este maior teor de bases de troca também se observou nos talhões referência (após este dia não voltou a chover até à recolha das amostras de solo, logo não houve perda de nutrientes por lixiviação, e durante o mês de Abril houve queda de precipitação apenas no dia referido).

Tal como aconteceu com o pH, o talhão C apresentou um solo com características mais heterogéneas, com um GSB baixo na zona central, para a situação inicial, em 2007, contrastando com um GSB muito alto na margem inferior esquerda do talhão, para o mesmo ano. Nas amostragens seguintes esta situação melhorou, apresentando sempre, contudo, um GSB mais baixo na zona central do talhão e aumentando para um GSB mais elevado à medida que se aproxima dos limites da área. Ao GSB mais baixo na zona central do talhão está sempre associada a presença de teores baixos de alumínio e, consequentemente, um pH baixo. Também se constata que o GSB está fortemente relacionado com o pH do solo.

Os talhões controlo A e D e o talhão experimental B apresentaram, regra geral, um GSB médio e alto, em todas as amostragens realizadas. O GSB muito alto, observado na transição do talhão C para o talhão D, dever-se-á à presença de um tronco de árvore em decomposição, de dimensão relativamente grande. O talhão controlo A apresentou, regra geral, uma melhor qualidade do solo no que respeita ao GSB.

A área de pastagem (talhão E) apresentou um GSB médio, excepto em Maio de 2008, que apresentou um GSB alto. A área de floresta (talhão F) indicou um GSB maioritariamente baixo nas amostragens realizadas na época de chuvas (em Março de 2007 e Abril de 2009) e um GSB médio nas amostragens realizadas na época seca (em Maio e Julho de 2008). Este facto poderá indicar que, para o caso de florestas nativas, as bases de troca se poderão perder por lixiviação na época de chuvas e que a actividade biológica se mantém activa durante a época seca, pelo menos enquanto o solo apresenta teores de humidade suficientes à sua actividade (o sombreamento do solo resultante da vegetação envolvente mantém a humidade do solo por mais tempo), decompondo a MO (nas áreas de floresta nativa, a presença de material orgânico e, consequentemente, de matéria orgânica em quantidades consideráveis, é constante) e promovendo a mineralização desta; a lixiviação não ocorrerá devido à quase inexistência de precipitação na época seca.

III.4.2.4 Macronutrientes no solo

A disponibilidade dos nutrientes para as plantas depende das transformações que estes sofrem e do balanço entre entradas e saídas do sistema solo-planta. Para a primeira situação, a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, as reacções de adsorção na matriz do solo, as reacções de precipitação e a quelatação por ligandos orgânicos são as mais importantes (Varennnes, 2003).

Os macronutrientes são elementos essenciais e podem ser divididos em macronutrientes principais e secundários. Os principais são o azoto, o fósforo e o potássio, e os secundários são o cálcio, o magnésio e o enxofre. O facto de se encontrarem divididos não significa que os primeiros são mais importantes para as plantas que os segundos (Santos, 1996).

Os macronutrientes principais são absorvidos pelas plantas em quantidades, de um modo geral, elevadas, ao passo que os macronutrientes secundários, apesar de também serem absorvidos pelas plantas em quantidades ainda relativamente elevadas, distinguem-se dos primeiros por se admitir que se encontram nos solos em quantidades suficientes. Contudo, esta sua característica pode, actualmente, colocar-se muitas vezes em dúvida, sobretudo em relação ao enxofre e magnésio (Santos, 1996).

Neste trabalho só vão ser abordados dois macronutrientes principais (o fósforo e o potássio) e dois secundários (o cálcio e o magnésio).

III.4.2.4.1 Fósforo Disponível

O fósforo é o elemento que mais frequentemente limita a produção vegetal (a seguir ao azoto), embora seja absorvido pelas culturas em quantidades pequenas (geralmente entre 0,1% e 0,4%) (Santos, 1996; Varennnes, 2003). É um elemento indispensável para o crescimento, com particular interesse no aumento do sistema radicular, permitindo à planta, em igualdade de outros factores, absorver mais água e nutrientes do solo (Santos, 1996).

Este elemento pode encontrar-se no solo nas formas orgânicas e minerais. No entanto, a fracção mineral, com excepção dos solos ricos em matéria orgânica, é muito mais representativa. As formas orgânicas não são directamente utilizáveis pelas plantas, necessitando, por isso, de sofrer mineralização para ser absorvido. Da fracção mineral, apenas uma pequena parte se encontra em combinações químicas solúveis na solução do solo (Santos, 1996).

A sua perda no solo não se explica por formações gasosas (o fósforo não origina formas gasosas), nem por lixiviação (normalmente, não é um mecanismo importante). Nos ecossistemas naturais, os teores de fósforo no solo são geralmente baixos. Grande parte deste nutriente encontra-se em formas pouco disponíveis para as plantas, adsorvida ou precipitada (a sua precipitação ocorre, em solos muito ácidos, devido aos possíveis teores elevados de iões alumínio, ferro ou manganésio). É, também, o macronutriente que se encontra em níveis mais baixos na solução do solo, atingindo as raízes por difusão. Grande parte do fósforo, nos solos ácidos, está adsorvido à superfície de minerais argilosos, alofana e óxidos e hidróxidos de ferro ou alumínio (Varennnes, 2003).

Enquanto nos países da Europa e América do Norte poderão ocorrer níveis elevados de fósforo, devido ao uso excessivo de fertilizantes, levando a preocupações a nível ambiental, nos países em desenvolvimento, sobretudo África, pode ocorrer extrema deficiência deste, por não existirem recursos económicos para os agricultores adquirirem fertilizantes fosfatados, levando à degradação do solo. Para este último caso, os solos são altamente meteorizados e, conseqüentemente, muito pobres em fósforo, sustentando produções vegetais durante poucos anos, até ficarem esgotados e levando, depois, ao seu abandono. No entanto, a vegetação espontânea tem dificuldade em instalar-se e os solos ficam a descoberto durante longos períodos de tempo, tornando-se susceptíveis à erosão (Varennnes, 2003).

Embora ocorra retenção do fósforo para todos os valores de pH do solo, a sua disponibilidade é maior entre pH 6,0 e 7,0. Nos solos muito meteorizados das regiões tropicais e subtropicais, o fósforo inorgânico existente encontra-se fortemente adsorvido à caulinite e aos compostos de ferro e alumínio. A mineralização da matéria orgânica é muito rápida, devido à elevada temperatura característica destas regiões, de forma que as plantas poderão dispor de um fornecimento contínuo do nutriente (Varennnes, 2003).

A Tabela 13 indica as classes de disponibilidade para o fósforo, de acordo com o teor de argila do solo.

Tabela 13: Classes de disponibilidade para o fósforo, de acordo com o teor de argila do solo (adaptado de Alvarez *et al.*, 1999).

Teor de argila (%)	P disponível ¹ (mg dm ⁻³)				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
60 – 100	≤ 2,7	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
35 – 60	≤ 4,0	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
15 – 35	≤ 6,6	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0 – 15	≤ 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0

1 – Método Mehlich

Nas Figuras 35 e 36 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial dos teores de fósforo disponível no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas, para o estudo da evolução dos teores de fósforo disponível no solo das áreas amostradas, correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 13. Uma vez que os teores de fósforo dependem da percentagem de argila existente no solo, para o método de análise laboratorial realizado, tiveram de ser elaborados dois mapas diferentes para cada campanha de amostragem realizada de acordo com o teor de argila do solo e de acordo com as classes de disponibilidade deste nutriente segundo Alvarez *et al.* (1999). Desta forma, os mapas da Figura 35 correspondem a teores de argila do solo entre 0 e 15% e os mapas da Figura 36 a teores de argila do solo entre 15% e 35%. O talhão F apresentou um ponto nas campanhas de amostragem de Março de 2007, Julho de 2008 e Abril de 2009 com teor de argila superior a 35%; contudo, por representar apenas um ponto e num talhão de referência, considerou-se desnecessária a sua inclusão neste estudo.

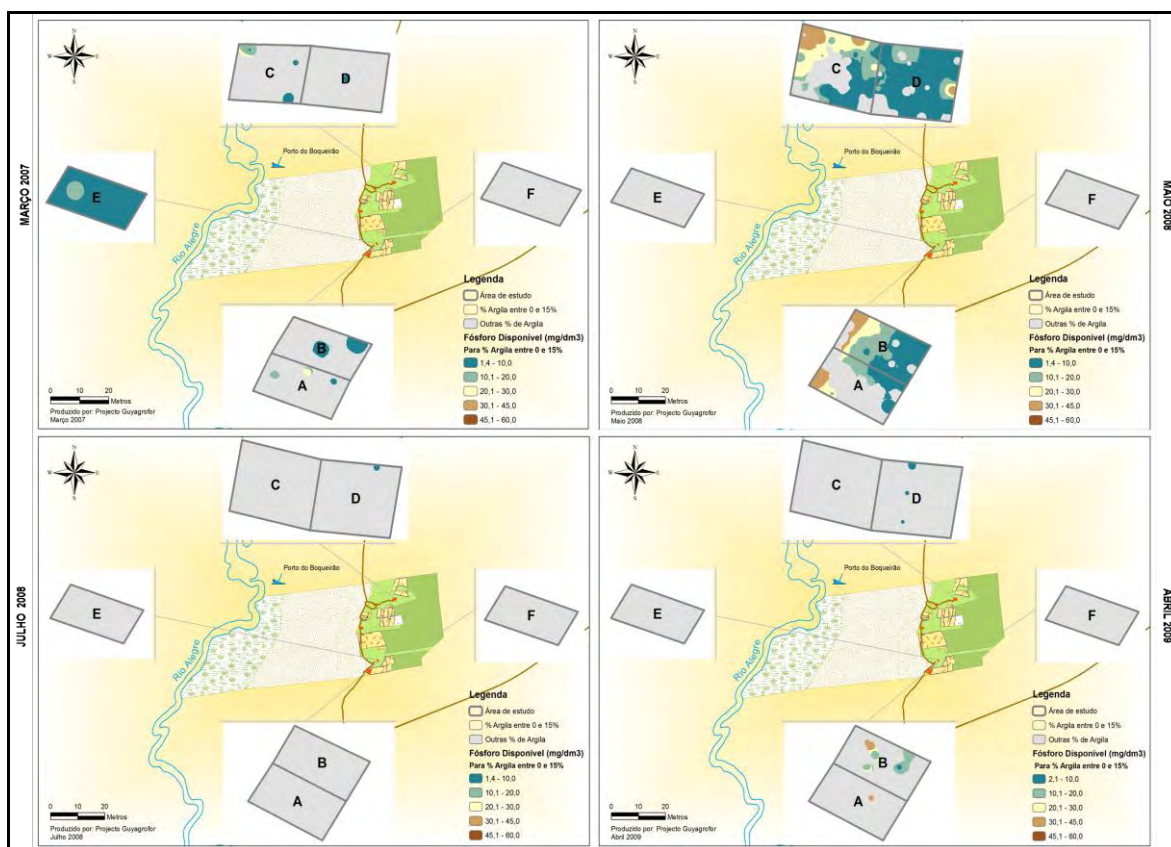


Figura 35: Evolução do teor de fósforo disponível no solo, para teores de argila entre 0 e 15%, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

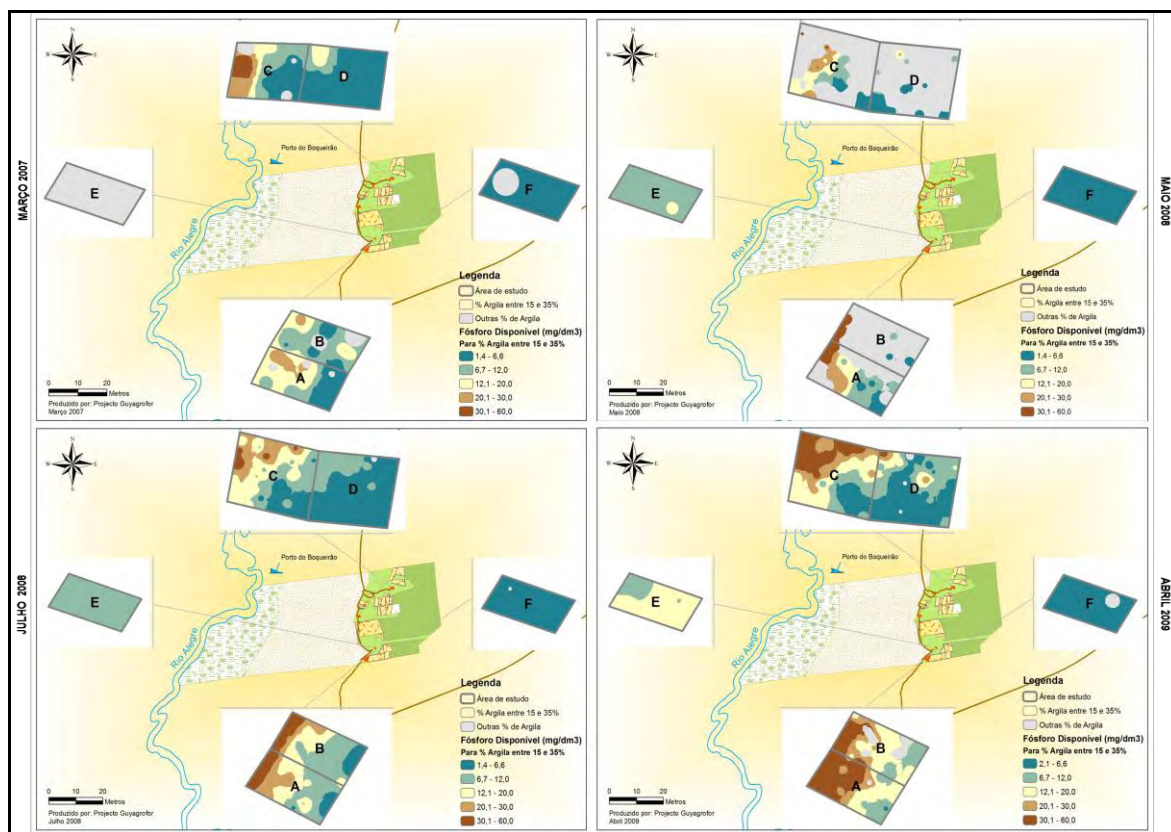


Figura 36: Evolução do teor de fósforo disponível no solo, para teores de argila entre 15% e 35%, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

Pela análise das Figuras 35 e 36 verifica-se que os solos de todos os talhões apresentam teores de argila entre 15% e 35%, obtendo-se teores de argila inferiores apenas para os talhões controle e experimentais, na campanha de amostragem de Maio de 2008, e para o talhão E, na campanha de amostragem de Março de 2007. Como a textura do solo geralmente não altera com o tempo, as diferenças obtidas poderão estar relacionadas com pequenas diferenças na recolha das amostras de solo que possam ter ocorrido e/ou com erros de laboratório.

Relativamente ao parâmetro em análise, o fósforo disponível, verifica-se que este nutriente aumentou gradualmente em todos os talhões, ao longo do tempo, excepto no talhão F (mata alta) que apresentou sempre teores muito baixos. Este facto indica que a utilização de leguminosas não terá sido o motivo (ou o principal motivo, pelo menos) deste aumento ao longo do tempo, uma vez que também se verificou nos talhões controle.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o teor de fósforo foi sempre superior (com teores muito altos) no lado esquerdo de ambos os talhões, diminuindo gradualmente até ao lado direito (com teores muito baixos), para todas as amostragens. Verifica-se que este parâmetro foi aumentando nesta mesma

razão ao longo do tempo, sofrendo, no entanto, um aumento superior no talhão controlo A. Sabendo-se que o lado esquerdo do talhão A está fortemente influenciado pela presença de um ingá adulto (espécie leguminosa) e que esta parte do solo está sempre coberta por folhas desta árvore, esta poderá ser uma das razões do maior aumento deste parâmetro no talhão controlo. As alterações que se foram observando, ao longo do tempo, no manejo do solo deste talhão, pelo agricultor, também terão tido o seu forte contributo no teor de MO do solo e sua mineralização, com consequente disponibilidade de fósforo (estas alterações de atitude foram maioritariamente observadas na metade esquerda do talhão A e em grande parte do talhão B – e. g., a adição de resíduos orgânicos externos era visível maioritariamente nestas áreas agora referidas).

Na UP São João, o talhão C apresenta sempre teores mais elevados de fósforo, com valores altos a muito altos, no canto superior esquerdo do talhão, e diminuindo gradualmente até valores muito baixos, no canto inferior direito, para todas as amostragens. Observa-se, contudo, um aumento deste nutriente nesta mesma razão (do canto superior esquerdo para o canto inferior direito), ao longo do tempo. O canto superior esquerdo do talhão C, onde se observaram maiores teores de fósforo disponível, é ocupado maioritariamente por árvores, sobretudo de urucum (denominado colorau em Portugal), apresentando-se o solo sempre bastante coberto, quer por vegetação, quer por manta morta oriunda destas árvores. O talhão D apresentou sempre teores de fósforo muito baixos em grande parte da sua área, para todas as amostragens, embora tenha vindo a aumentar ao longo do tempo, com valores mais elevados na parte superior do talhão. Os teores mais baixos de fósforo no talhão D (e em parte do talhão C) deverão estar associados à menor cobertura do solo, quer por vegetação, quer por manta morta, sobretudo no ano inicial (2007), resultado das frequentes capinas com enxada realizadas no talhão D e da baixa densidade de plantas de estrato arbóreo. A ocupação do solo e, consequentemente, o seu maior sombreamento e cobertura viva e morta, ao longo das amostragens seguintes, terão contribuído para o aumento da disponibilidade deste nutriente, quer devido à introdução de novas espécies e indivíduos nos talhões, quer ao crescimento das espécies já existentes.

Como já foi referido, o fósforo disponível apresentou valores muito bons onde a cobertura do solo por manta morta e vegetação foi elevada (sobretudo folhas de ingá (estrato arbóreo) para o caso do Talhão A, de mangueira (estrato arbóreo) para o caso do talhão B e urucum (estrato arbóreo) para o Talhão C) e onde os teores de matéria orgânica também foram superiores ao longo do tempo (ver Figura 31 relativamente à matéria orgânica). Este facto leva-nos a crer que a excelente

disponibilidade de fósforo nestes pontos se deve à contínua mineralização que ocorre da matéria orgânica, proveniente da queda das folhas destas arbóreas e também, em parte, ao pH médio-alto que apresenta para o caso dos talhões A e B (o pH parece ter baixa influência para o caso da UP São João).

O talhão E sofreu aumentos no teor de fósforo, ao longo do tempo, que parecem estar associados ao aumento de matéria orgânica observado para os mesmos pontos (ver Figura 31 para a MO).

O talhão F manteve sempre o teor de fósforo muito baixo, em todas as amostragens, apesar de ser o talhão com maiores teores de matéria orgânica. Este facto dever-se-á ao baixo pH observado para este talhão, em todas as amostragens (típico de áreas de florestas tropicais que, segundo diversos autores, apresentam sempre baixos valores de pH devido aos elevados teores de alumínio, ferro ou manganésio), pois, segundo Varennes (2003), o fósforo fica mais retido para baixos valores de pH. Ainda segundo Varennes (2003), o fósforo precipita em solos muito ácidos devido aos possíveis teores elevados de iões alumínio, ferro e manganésio. No entanto, segundo as análises obtidas para o ião alumínio em laboratório (ver Tabela 3 do Anexo I), a concentração deste foi baixa ou nula (de acordo com as classes de fertilidade sugeridas por Alvarez *et al.* (1999) para este parâmetro e que podem consultar-se na Tabela 1 do Anexo III), não existindo dados disponíveis para o ferro e manganésio.

III.4.2.4.2 Potássio Disponível

O potássio é, normalmente, o mais abundante de todos os nutrientes do solo, embora existam grandes variações nos teores ou na disponibilidade do nutriente, nos diferentes solos. Nos ecossistemas naturais, este nutriente pode perder-se em pequenas quantidades por lixiviação, erosão e escoamento superficial, sendo, no entanto, compensadas pela meteorização dos minerais primários. Em sistemas agrícolas, prados e pastagens e até em florestas sujeitas a abates frequentes, este nutriente será exportado em grandes quantidades no material vegetal, visto que as plantas contêm elevados teores deste elemento, podendo resultar no empobrecimento progressivo do solo (Varennes, 2003).

De acordo com o seu diferente grau de possibilidade de ser absorvido pelas plantas, o potássio encontra-se em quatro formas nos solos: na estrutura de minerais, fixado em minerais argilosos, no complexo de troca e na solução do solo (Santos, 1996; Varennes, 2003). A principal forma

absorvida pelas plantas é o potássio de troca, isto é, o que se encontra adsorvido nos colóides do solo (Santos, 1996).

A capacidade de fixação do potássio aumenta, geralmente, com a profundidade, devido ao maior teor de argilas dos horizontes sub-superficiais. Os ciclos de humidade-seca aumentam a velocidade das trocas entre o potássio fixado e o em solução, sendo o sentido do movimento dependente da quantidade de nutriente em solução: quando o seu nível em solução é baixo, o fluxo dá-se do mineral para o exterior, quando o seu teor em solução é elevado, acontece o inverso. A fixação é mais intensa a pH neutro do que em solos ácidos, pois nestes o ião hidrogénio compete com o potássio para a fixação. A adsorção de alumínio, no complexo de troca, impede que o potássio se aproxime da superfície dos minerais, visto que o alumínio é preferencialmente adsorvido (Varennnes, 2003).

A quantidade de potássio de troca depende, essencialmente, da CTC dos colóides minerais e dos teores totais de potássio e de outros catiões. Os solos orgânicos são pobres em potássio, dado que os grupos existentes nos colóides orgânicos têm pouca afinidade para este elemento (Varennnes, 2003).

A disponibilidade do potássio para as plantas depende de vários factores, nomeadamente, o teor do nutriente em solução, a CTC de fixação do elemento no solo, a quantidade de potássio na estrutura dos minerais e a taxa de meteorização, a temperatura do solo, o teor de água no solo, a compactidade do solo, a temperatura do ar e os níveis de outros catiões (Varennnes, 2003).

A Tabela 14 indica as classes de disponibilidade para o potássio. Alvarez *et al.* (1999) defende que teores de potássio disponível superiores a 120 mg dm⁻³ no solo são muito bons (talvez por a bibliografia se referir em termos de quantidades necessárias de adubo, consoante o teor do nutriente no solo). No entanto, o INIA (2000) refere que doses elevadas de potássio disponível podem conduzir a desequilíbrios com outros nutrientes, nomeadamente o magnésio trocável. Por este motivo, será usada a classificação qualitativa segundo o INIA (2000).

Tabela 14: Classes de disponibilidade para o potássio disponível (adaptado de Alvarez *et al.*, 1999).

Classificação	K⁺ disponível ¹ (mg dm⁻³)
Muito Baixo	≤ 15
Baixo	16 – 40
Médio	41 – 70
Alto	71 – 120
Muito Alto	> 120

1 - Método Mehlich.

Na Figura 37 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial dos teores de potássio disponível no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas, para o estudo da evolução dos teores de potássio disponível no solo das áreas amostradas, correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 14.

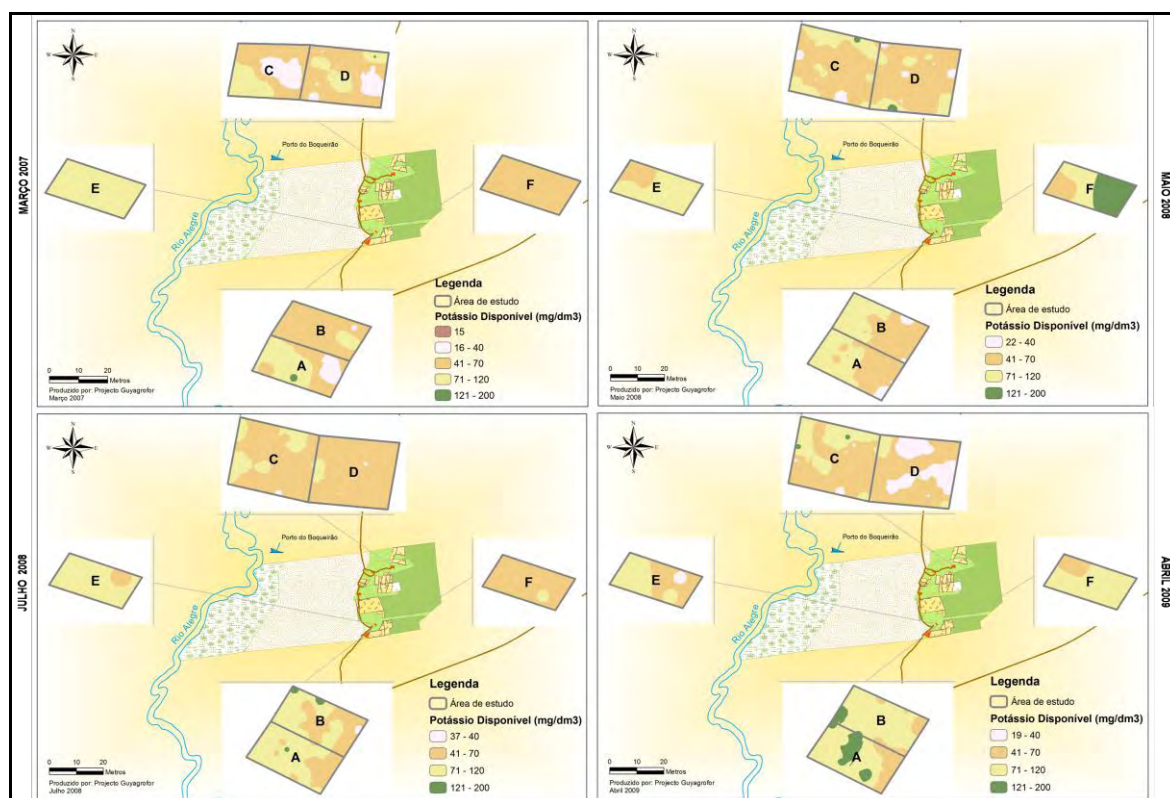


Figura 37: Evolução do teor de potássio disponível no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

No que respeita ao potássio disponível, de acordo com a Figura 37, o talhão C não apresentou grandes variações deste nutriente, ao longo do tempo, indicando teores maioritariamente médios nas amostragens de 2008 e 2009. Apenas 2007 apresentou uma área central com teores baixos, o que poderá estar associado novamente à alteração da metodologia que ocorreu; no entanto, demonstra, igualmente, alguma carência deste nutriente nesta área do talhão que poderá dever-se ao pH ácido e à presença de alumínio trocável (ver Tabela 2 do Anexo I), pois, segundo Varennes (2003), a adsorção de alumínio no complexo de troca impede que o potássio se aproxime da superfície dos minerais, visto que o alumínio é preferencialmente adsorvido.

No caso do talhão D, as amostragens de 2007 e 2009 apresentaram valores baixos deste nutriente, na parte mais à direita do talhão, ao passo que as amostragens de 2008 apresentaram teores médios. Tendo em conta que as amostragens de 2008 ocorreram durante a época seca, as de 2007 e 2009 durante a época de chuvas e que estas áreas se encontram mais expostas a erosão (áreas com pouca cobertura viva e quase inexistência de cobertura morta), o nutriente ter-se-á perdido por lixiviação.

Os Talhões A e B sofreram um aumento deste nutriente, ao longo do tempo, o que poderá estar associado à taxa de mineralização da matéria orgânica. Tal como aconteceu com a MO e o fósforo disponível, o aumento de potássio foi ocorrendo da esquerda dos talhões para a direita, com maiores teores à esquerda, em todas as amostragens. Tal como já foi explicado para o fósforo, a metade esquerda destes talhões apresentava sempre maiores quantidades de manta morta, ao longo do ano, ao passo que a metade direita ficava frequentemente descoberta, quer de manta morta, quer de vegetação. No caso do Talhão A, para a amostragem de Abril de 2009, os pontos a verde, que indicam teores muito altos deste nutriente, poderão estar associados à mineralização decorrente da decomposição da biomassa proveniente da capina das infestantes deste talhão, que se encontravam concentradas nesta área.

A área de pastagem (talhão E) apresentou, em média, teores altos de potássio, mas com alguns pontos com valores médios, na maioria das amostragens realizadas ao longo do tempo, sobretudo nas amostragens de Maio de 2008 e Abril de 2009.

A área de floresta (talhão F) apresentou algumas oscilações ao longo do tempo, com teores médios de potássio em 2007 e em Julho de 2008, teores altos em Abril de 2009 e variando de teores médios a muito altos em Maio de 2008.

III.4.2.4.3 Cálcio e Magnésio Trocáveis

O cálcio e o magnésio são dois nutrientes normalmente abundantes nos solos e que apresentam ciclos biogeoquímicos semelhantes ao do potássio, em particular no que diz respeito às formas existentes no solo e à disponibilidade para as plantas. São, também, libertados pela meteorização de minerais, que constituem a principal reserva dos elementos no solo, e encontram-se adsorvidos no complexo de troca e em solução. A sua fixação não ocorre, ou pelo menos não tem grande importância quantitativa quando comparados com o potássio, e podem precipitar quando a

concentração de aniões, como o hidrogenocarbonato, o sulfato ou o fosfato, é suficientemente elevada (Varennnes, 2003).

Os níveis de cálcio e magnésio no solo dependem da rocha-mãe que lhe deu origem, do grau de meteorização e da calagem do solo (caso tenha existido). Os solos jovens são mais ricos em cálcio e magnésio do que os solos altamente meteorizados das regiões tropicais e subtropicais, onde estes nutrientes já foram perdidos por lixiviação. A sua carência também poderá originar solos ácidos, sobretudo se forem arenosos e pobres em matéria orgânica, correspondendo a uma baixa CTC (Varennnes, 2003).

O cálcio e o magnésio podem encontrar-se no solo em cinco formas: na estrutura de minerais, adsorvidos na matriz, precipitados, na solução do solo e na matéria orgânica (Varennnes, 2003).

O cálcio e o magnésio disponíveis para as plantas correspondem à soma dos iões presentes em solução e no complexo de troca, em que o cálcio é normalmente o principal catião do complexo de troca, exceptuando-se os solos ácidos que contêm grandes quantidades de iões alumínio e hidrogénio. É preciso não esquecer, contudo, que as plantas absorvem maiores quantidades de potássio (o terceiro catião de troca), logo as reservas deste nutriente no solo poderão sofrer maiores reduções do que os outros dois. O défice de cálcio está, geralmente, associado à dificuldade em absorver ou remobilizar o nutriente na planta. A deficiência de magnésio ocorre mais em solos arenosos (pobres neste nutriente), em solos ácidos submetidos a calagem com calcários calcíticos e em solos com muito potássio (devido ao antagonismo potássio-magnésio) (Varennnes, 2003).

O magnésio representa normalmente 4 a 20% da CTC dos solos, ao passo que o cálcio depende do tipo de minerais de argila existentes, devendo representar cerca de 20% dos catiões adsorvidos em solos ricos em caulinite ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio; mas deverá representar cerca de 80% dos catiões de troca em solos dominados por minerais argilosos do tipo 2:1 (Varennnes, 2003).

A imobilização dos iões cálcio e magnésio, tal como a do potássio, influencia pouco a sua concentração em solução. Mesmo que sejam adsorvidos no complexo de troca ou precipitados, a sua riqueza na solução do solo é acentuada, podendo levar a perdas por lixiviação, escoamento superficial e erosão. As suas perdas por lixiviação são superiores às do potássio, contribuindo para a acidificação progressiva dos solos nos locais com elevada precipitação (Varennnes, 2003).

O teor disponível de um nutriente pode interferir na absorção de outro: se há baixos teores de cálcio trocável, pode haver excesso de absorção de magnésio trocável (Costa & Resende, 1994).

A Tabela 15 indica as classes de interpretação da fertilidade para o cálcio e magnésio trocáveis.

Tabela 15: Classes de interpretação de fertilidade do solo para o cálcio e magnésio trocáveis (adaptado de Alvarez *et al.*, 1999).

Classificação	Ca ²⁺ trocável ¹ (cmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ trocável ¹ (cmol _c dm ⁻³)
Muito Baixo	≤ 0,40	≤ 0,15
Baixo	0,41 – 1,20	0,16 – 0,45
Médio	1,21 – 2,40	0,46 – 0,90
Alto	2,41 – 4,00	0,91 – 1,50
Muito Alto	> 4,00	>1,50

1 - Método KCl 1 mol L⁻¹

Na Figura 38 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial dos teores de cálcio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas, para o estudo da evolução dos teores de cálcio trocável do solo das áreas amostradas, correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 15.

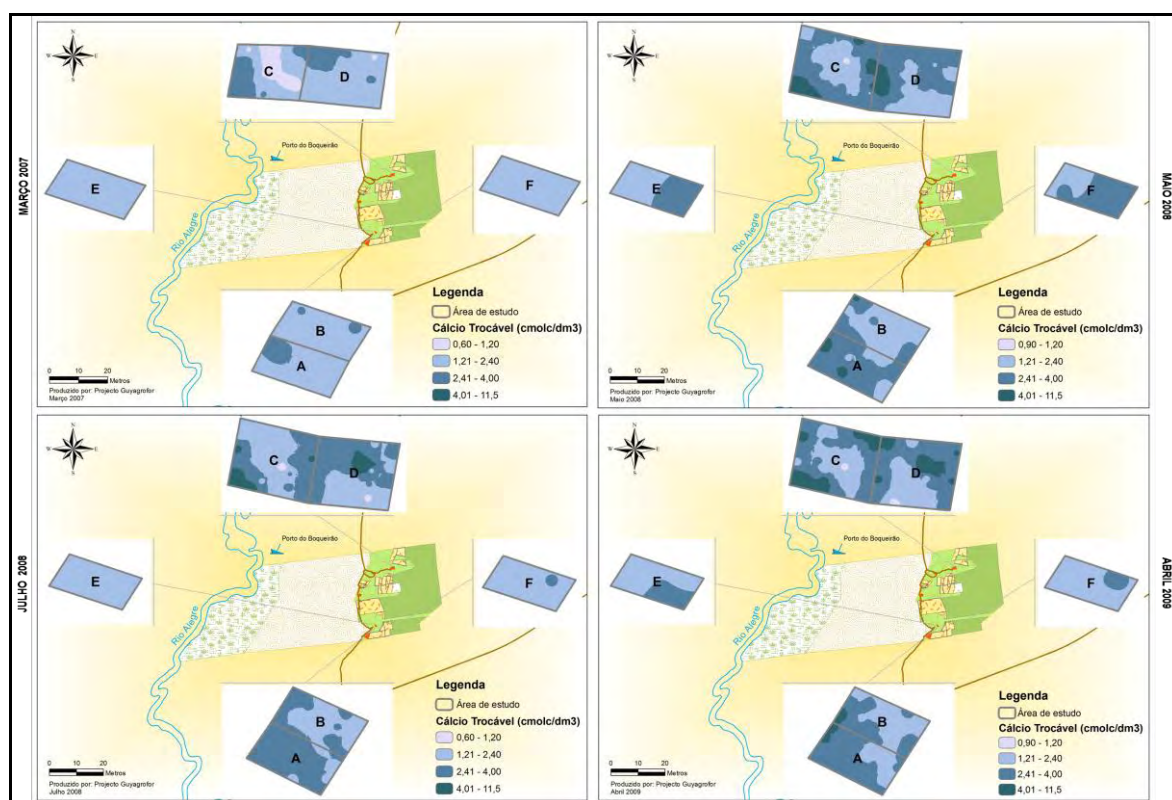


Figura 38: Evolução do teor de cálcio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

De acordo com a Figura 38, e tal como aconteceu com a CTC, o cálcio pareceu sofrer poucas alterações entre as amostragens de 2008 e 2009, para os talhões controlo e experimentais de ambas as UP's. As maiores diferenças observam-se entre a amostragem de 2007 e as

subsequentes, com teores mais baixos deste nutriente em 2007. Mais uma vez, este facto terá origem na alteração de metodologia da recolha de amostras de solo ocorrida após a amostragem de 2007 (o número de amostras duplicou e o ponto de amostragem também diferiu ligeiramente). Tal como nos casos anteriores, indica, contudo, que as áreas centrais das parcelas apresentam uma qualidade inferior, comparativamente aos pontos de amostragem utilizados em 2008 e 2009.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controlo A apresentou sempre, em todas as amostragens, teores superiores de cálcio, comparativamente ao talhão experimental B, onde o primeiro registou, em média, teores altos deste nutriente, para as amostragens de 2008 e 2009, e médios (com uma mancha de teores altos), em 2007, e o talhão B registou teores médios a altos, para 2008 e 2009, e médios, em 2007. Os teores mais elevados de cálcio para o talhão A, em relação ao talhão experimental B, parecem estar relacionados com os teores também mais elevados de pH observados para os mesmos pontos (ver Figura 32 para o pH).

Os talhões C e D da UP [Sítio] São João apresentam características muito idênticas, no que respeita aos teores de cálcio trocável e ao GSB. Tal como na UP Boa Vontade, parecem estar fortemente relacionados com o pH e o GSB do solo de ambos os talhões, onde a teores de pH e GSB mais baixos correspondem teores de cálcio mais baixos (zona central do talhão C e lado inferior direito do talhão D, para as amostragens de 2008 e 2009, e grande parte da área de ambos os talhões, em 2007) e a valores de pH mais próximos da neutralidade e GSB mais altos correspondem, igualmente, teores de cálcio trocável mais elevados. É visível, também, uma grande heterogeneidade do solo para este parâmetro, em ambos os talhões, em princípio, devido à mesma heterogeneidade observada para o pH.

Os talhões E e F apresentaram teores de cálcio médios, para as amostragens de Março de 2007 e Julho de 2008, e teores médios e altos, para as amostragens de Maio de 2008 e Abril de 2009.

Na Figura 39 estão representados os mapas de simulação de distribuição espacial dos teores de magnésio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009. As classes de análise utilizadas nestes mapas, para o estudo da evolução dos teores de magnésio trocável do solo das áreas amostradas, correspondem às classes de fertilidade apresentadas na Tabela 15.

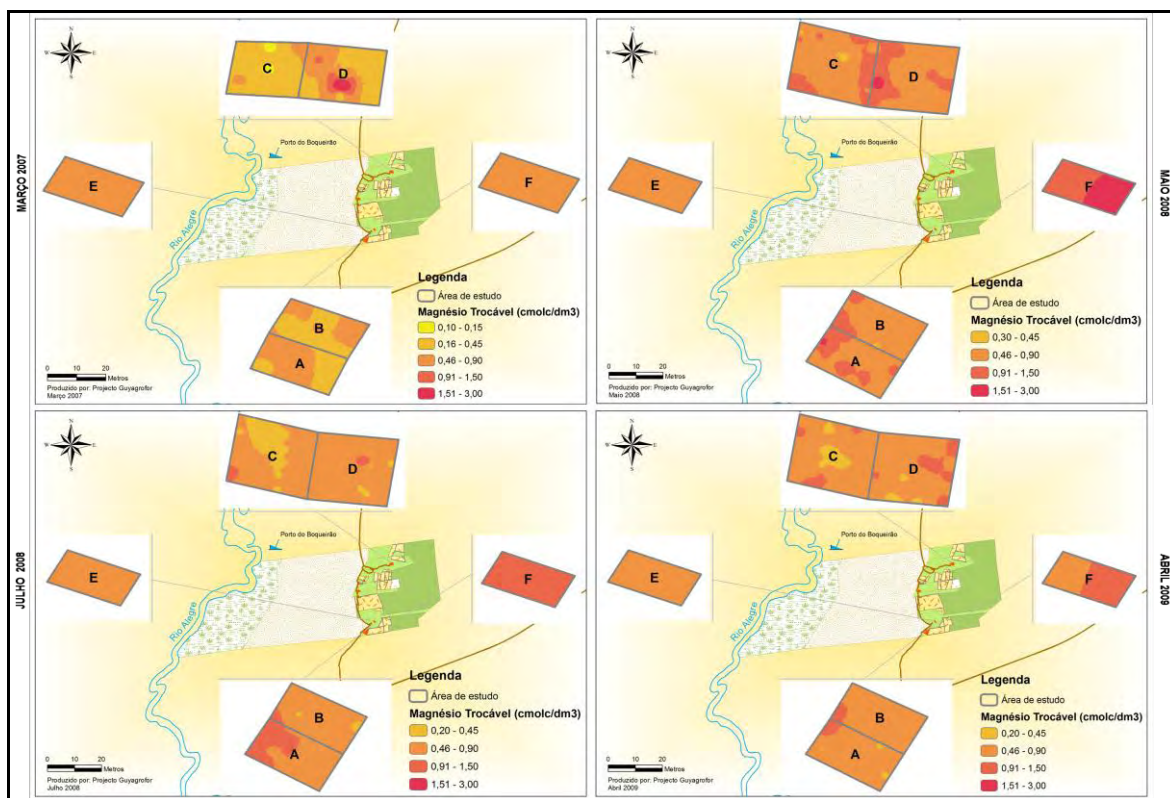


Figura 39: Evolução do teor de magnésio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

De acordo com os mapas da Figura 39, o magnésio trocável parece ter tido um comportamento idêntico ao cálcio trocável e à CTC, ocorrendo incrementos mais acentuados de 2007 (teores, em média, baixos) para as restantes amostragens (teores maioritariamente médios, com oscilações). Este facto deveu-se, em princípio, à alteração da metodologia utilizada para a recolha de amostras de solos. Indica, também, que as áreas centrais das parcelas apresentam uma qualidade inferior, comparativamente aos pontos de amostragem utilizados em 2008 e 2009.

Em 2008, tal como aconteceu para o GSB (ver Figura 34), os teores de magnésio trocável diminuíram de Maio para Julho, em todos os talhões (controlo e experimentais) de ambas as UP's, aumentando ligeiramente, de novo, em 2009, para os talhões C e D, mas diminuindo de novo para o talhão A.

Nos talhões C e D, as oscilações observadas parecem estar associadas, quer à reacção do solo, quer à CTC, quer ao GSB, embora de forma pouco clara, pelo menos no que respeita à reacção do solo e CTC. Os teores mais baixos de magnésio, observados nas amostragens de Maio e Julho de 2008 e Abril de 2009, poderão estar associados aos baixos valores de pH que se observaram nestas mesmas áreas, ao passo que os teores mais elevados deste nutriente, em Maio de 2008,

estarão associados a valores de pH mais próximos do neutro. Os teores elevados deste nutriente para o talhão D, na amostragem de 2007, parecem estar, de alguma forma, associados à CTC.

Quanto aos talhões da UP [Sítio] Boa Vontade, é mais complicado observar uma relação minimamente directa que explique as oscilações observadas; apenas em 2007 parece existir uma relação mais ou menos directa com a CTC e o GSB. Os teores deste nutriente, observados nas restantes amostragens, parecem sofrer influências do pH e da matéria orgânica, no entanto, este facto não é totalmente claro.

A área de pastagem (talhão E) apresentou teores de magnésio mais ou menos constantes ao longo do tempo. A área de floresta (talhão F) já sofreu variações ao longo do tempo, com teores médios em 2007, altos e muito altos em Maio de 2008, baixando para teores apenas altos em Julho de 2008 e diminuindo, de novo, para teores médios e altos, em 2009. O comportamento deste nutriente, na área de floresta nativa, parece sofrer influência da estação do ano, pois apresenta teores mais baixos na época de chuvas (2007 e 2009) e mais elevados na época seca (ambas as amostragens de 2008), tal como se verificou para o GSB. Tal como já foi explicado para o GSB, este facto poderá indicar que, para o caso de florestas nativas, o magnésio trocável poderá ter-se perdido por lixiviação, na época de chuvas, e que a actividade biológica se poderá ter mantido activa, durante a época seca (pelo menos enquanto o solo apresentou teores de humidade suficientes para permitir a sua actividade), decompondo a matéria orgânica e promovendo a mineralização desta. A lixiviação não terá ocorrido devido à quase inexistência de precipitação nesta época.

III.4.2.5 Variação temporal e espaço-temporal das características químicas médias do solo das áreas em estudo

Como já foi referido em capítulos anteriores, este trabalho teve como principal objectivo verificar se a introdução de leguminosas de ciclo curto no SAF produziu efeitos significativos de melhoria na fertilidade do solo. No estudo apresentado no item anterior foi possível compreender que ocorreu, de facto, uma evolução nas características químicas do solo dos quintais agro-florestais em estudo, uma vez que se observou um incremento nos teores da maioria dos parâmetros analisados, ao longo do tempo. No entanto, esse aumento foi geral, isto é, não só nos talhões experimentais, mas também nos talhões controlo e até nos talhões referência.

Para compreender melhor esta evolução na fertilidade do solo dos SAF's, realizou-se um estudo com as características médias de cada talhão, ao longo do período experimental. Neste sentido, na Tabela 16 apresenta-se os teores médios, e respectivos desvios-padrão, para cada parâmetro analisado, para cada talhão (controle, experimental e de referência) e para cada campanha de amostragem efectuada no período de 2007 a 2009. As cores apresentadas correspondem à classificação do solo segundo as classes de fertilidade de Alvarez *et al.* (1999) e, também, de Raij *et al.* (1996) para o pH em cloreto de cálcio.

Tabela 16: Evolução média da fertilidade do solo nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009.

	Talhão A				Talhão B			
	Controle (sistema de manejo tradicional)				Tratamento (sistema de manejo melhorado)			
	Março 2007	Maio 2008	Julho 2008	Abril 2009	Março 2007	Maio 2008	Julho 2008	Abril 2009
Teor de argila (%)	17,3 ± 3,4	15,6 ± 2,1	17,1 ± 1,6	17,0 ± 1,5	15,7 ± 1,0	14,2 ± 0,9	16,7 ± 0,9	15,7 ± 1,2
Matéria orgânica (%)	1,35 ± 0,40	1,67 ± 0,67	2,03 ± 0,46	2,21 ± 0,62	1,21 ± 0,32	1,51 ± 0,57	1,83 ± 0,46	2,10 ± 0,65
pH (CaCl ₂)	5,3 ± 0,3	5,6 ± 0,3	5,5 ± 0,1	5,5 ± 0,3	5,3 ± 0,2	5,3 ± 0,2	5,4 ± 0,2	5,5 ± 0,2
CTC _{total} (cmol/dm ³)	4,47 ± 0,91	5,39 ± 1,21	5,88 ± 0,88	5,79 ± 1,16	4,03 ± 0,76	4,98 ± 1,07	5,49 ± 0,92	5,63 ± 1,22
Grau Sat. Bases (%)	59,3 ± 9,1	74,2 ± 8,7	66,0 ± 4,7	64,3 ± 10,0	60,7 ± 5,2	65,6 ± 7,8	58,8 ± 7,6	60,2 ± 7,7
P disponível (mg/dm ³)	13,0 ± 9,5	16,1 ± 12,3	17,5 ± 11,9	29,3 ± 19,5	9,3 ± 7,2	16,2 ± 13,1	16,3 ± 12,7	19,8 ± 13,4
K ⁺ disponível (mg/dm ³)	69 ± 32	70 ± 25	80 ± 23	100 ± 40	55 ± 24	69 ± 22	75 ± 31	88 ± 21
Ca ²⁺ trocável (cmol/dm ³)	2,01 ± 0,69	2,94 ± 0,92	2,78 ± 0,42	2,77 ± 0,84	1,88 ± 0,43	2,32 ± 0,67	2,39 ± 0,57	2,50 ± 0,79
Mg ²⁺ trocável (cmol/dm ³)	0,53 ± 0,23	0,90 ± 0,26	0,88 ± 0,19	0,73 ± 0,18	0,43 ± 0,12	0,77 ± 0,21	0,65 ± 0,15	0,68 ± 0,18
	Talhão D				Talhão C			
	Controle (sistema de manejo tradicional)				Tratamento (sistema de manejo melhorado)			
	Março 2007	Maio 2008	Julho 2008	Abril 2009	Março 2007	Maio 2008	Julho 2008	Abril 2009
Teor de argila (%)	16,7 ± 1,3	14,3 ± 1,8	16,6 ± 1,1	17,3 ± 1,0	16,1 ± 1,3	14,5 ± 1,3	16,9 ± 1,1	16,4 ± 1,0
Matéria orgânica (%)	1,37 ± 0,38	1,61 ± 0,59	1,64 ± 0,58	2,03 ± 0,80	1,17 ± 0,21	1,55 ± 0,60	1,71 ± 0,42	2,23 ± 0,73
pH (CaCl ₂)	5,3 ± 0,3	5,5 ± 0,3	5,5 ± 0,4	5,5 ± 0,6	5,3 ± 1,0	5,5 ± 0,6	5,4 ± 0,5	5,5 ± 0,6
CTC _{total} (cmol/dm ³)	4,45 ± 0,80	5,31 ± 1,18	5,30 ± 1,72	5,64 ± 1,47	4,13 ± 0,48	5,16 ± 1,08	5,29 ± 0,87	5,91 ± 1,28
Grau Sat. Bases (%)	56,8 ± 10,1	70,1 ± 13,5	64,3 ± 11,8	64,8 ± 15,8	54,4 ± 25,2	69,8 ± 16,0	60,3 ± 17,2	61,6 ± 16,9
P disponível (mg/dm ³)	5,1 ± 4,0	7,0 ± 7,2	5,8 ± 2,5	7,6 ± 7,2	13,4 ± 12,5	17,2 ± 12,5	14,3 ± 9,8	20,6 ± 14,2
K ⁺ disponível (mg/dm ³)	58 ± 29	58 ± 25	54 ± 11	47 ± 19	60 ± 29	64 ± 23	63 ± 15	67 ± 27
Ca ²⁺ trocável (cmol/dm ³)	2,00 ± 0,62	2,79 ± 1,21	2,72 ± 1,80	2,98 ± 1,66	1,83 ± 0,94	2,78 ± 1,30	2,54 ± 1,19	2,92 ± 1,42
Mg ²⁺ trocável (cmol/dm ³)	0,41 ± 0,22	0,86 ± 0,34	0,67 ± 0,18	0,71 ± 0,24	0,29 ± 0,14	0,76 ± 0,24	0,58 ± 0,21	0,66 ± 0,23
	Talhão E				Talhão F			
	Pastagem				Floresta nativa			
	Março 2007	Maio 2008	Julho 2008	Abril 2009	Março 2007	Maio 2008	Julho 2008	Abril 2009
Teor de argila (%)	23,6 ± 0,3	16,8 ± 2,4	20,1 ± 2,7	22,0 ± 1,5	32,9 ± 3,5	26,6 ± 2,1	30,9 ± 2,9	33,4 ± 2,1
Matéria orgânica (%)	1,90 ± 0,34	1,65 ± 0,45	1,88 ± 0,06	2,20 ± 0,25	2,78 ± 0,22	2,87 ± 0,41	3,16 ± 0,18	3,54 ± 0,33
pH (CaCl ₂)	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,1	5,3 ± 0,1	5,3 ± 0,2	4,4 ± 0,1	5,0 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,7 ± 0,2
CTC _{total} (cmol/dm ³)	5,50 ± 0,71	5,43 ± 0,64	5,63 ± 0,17	5,83 ± 0,57	7,80 ± 0,42	7,98 ± 0,70	8,20 ± 0,26	8,38 ± 0,76
Grau Sat. Bases (%)	51,4 ± 7,2	61,2 ± 3,6	57,2 ± 2,4	57,5 ± 6,5	26,3 ± 2,2	52,8 ± 8,8	41,0 ± 4,9	35,5 ± 7,8
P disponível (mg/dm ³)	7,5 ± 3,8	9,4 ± 3,0	8,8 ± 1,7	13,2 ± 3,5	1,6 ± 0,2	2,5 ± 1,0	2,0 ± 0,8	3,1 ± 1,1
K ⁺ disponível (mg/dm ³)	80 ± 4	76 ± 21	93 ± 24	67 ± 23	57 ± 4	103 ± 52	68 ± 4	78 ± 21
Ca ²⁺ trocável (cmol/dm ³)	2,00 ± 0,57	2,33 ± 0,29	2,20 ± 0,08	2,38 ± 0,24	1,30 ± 0,14	2,50 ± 0,57	2,08 ± 0,30	1,88 ± 0,62
Mg ²⁺ trocável (cmol/dm ³)	0,65 ± 0,21	0,80 ± 0,08	0,78 ± 0,10	0,78 ± 0,10	0,60 ± 0,14	1,45 ± 0,21	1,13 ± 0,19	0,93 ± 0,22
Legenda: Muito Baixo Baixo Médio Alto								

Pela análise da Tabela 16, em termos médios, quer o talhão controlo A, quer o talhão experimental B, da UP [Sítio] Boa Vontade, apresentaram uma evolução crescente para a matéria orgânica, o potássio disponível e o fósforo disponível (este último com valores mais ou menos constantes no talhão B nas amostragens de 2008), ao longo do período experimental. Além destes três parâmetros, o talhão experimental B indicou ainda, em termos médios, uma evolução crescente para a capacidade de troca catiónica e para o cálcio trocável, ao longo do período experimental. Quanto aos restantes parâmetros, para ambos os talhões, o pH apresentou valores médios mais ou menos constantes (mas com oscilações para o talhão controlo A e uma evolução crescente para o talhão experimental B), e o teor de argila, a CTC (este apenas para o talhão A), o GSB, o cálcio trocável (este apenas para o talhão A) e o magnésio trocável indicaram oscilações, ao longo do tempo.

Relativamente à UP [Sítio] São João, apenas a matéria orgânica apresentou uma evolução sempre crescente, ao longo do tempo, em ambos os talhões (C e D). Para além deste parâmetro, o talhão experimental C indicou ainda, em termos médios, uma evolução sempre crescente para a CTC (o talhão controlo D registou uma evolução igualmente crescente, mas com valores mais ou menos constantes da amostragem de Maio para Julho de 2008). O potássio disponível apresentou uma evolução inversa entre os talhões, onde o talhão experimental C registou uma evolução crescente, mas com valores mais ou menos constantes entre as amostragens de 2008, e, pelo contrário, o talhão controlo D apresentou uma evolução média decrescente, ao longo do tempo. O pH apresentou valores médios mais ou menos constantes e os restantes parâmetros registaram algumas oscilações ao longo do tempo.

A área de floresta (talhão F) apresentou uma evolução crescente para a matéria orgânica e a CTC, ao longo do tempo, registando oscilações para os restantes parâmetros. Por sua vez, a área de pastagem (talhão E) apresentou sempre oscilações, ao longo do tempo, para todos os parâmetros, excepto o pH que indicou valores mais ou menos constantes, mas numa razão crescente.

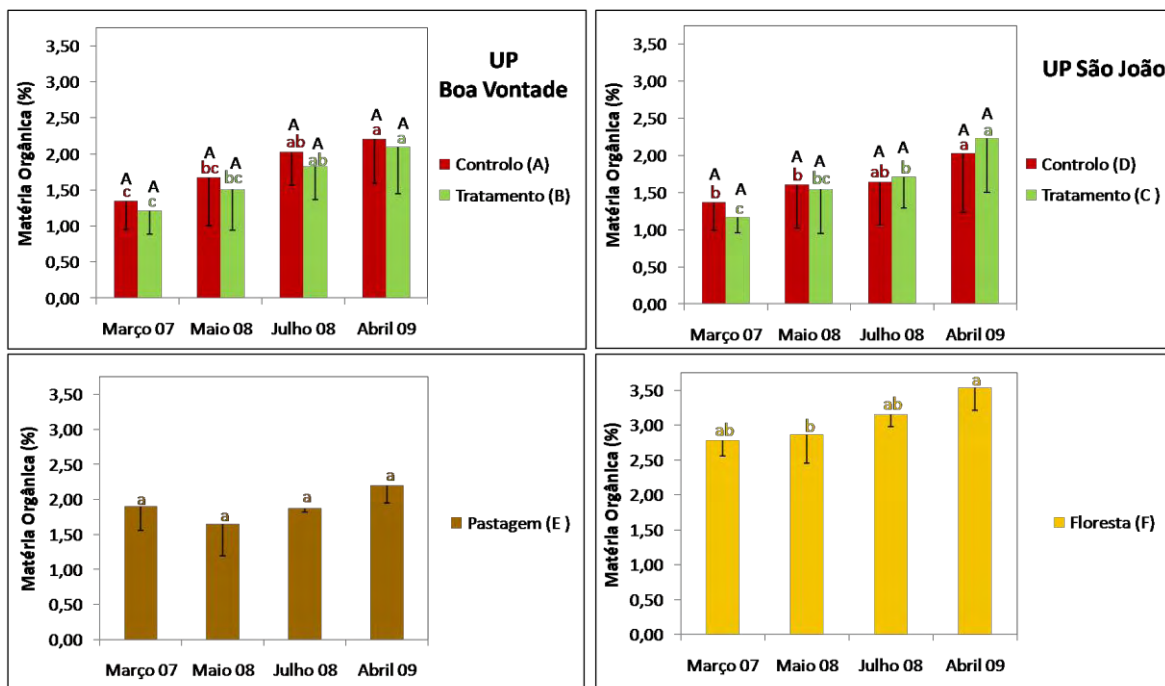
De seguida, apresenta-se cada parâmetro analisado de forma mais detalhada, de acordo com os valores médios por talhão e com a análise estatística realizada (não se incluirá o teor de argila). Como já foi referido no capítulo da metodologia, a análise estatística consistiu na análise de variância multivariada (MANOVA) dos dados (a um nível de significância de 5%), com o intuito de averiguar se a variação temporal ocorrida em cada talhão foi significativa, para cada um dos

parâmetros analisados, seguida de uma análise de comparação múltipla de médias, com recurso ao teste de Tukey (a um nível de significância de 5%), para cada talhão (controlo, experimental e de referência), para verificar quais os pares de amostragens que diferiram significativamente entre si (para os casos em que a MANOVA indicou diferenças). Esta mesma análise estatística foi realizada entre os talhões de cada UP (com excepção do teste de Tukey, dado que o factor em causa corresponde aos talhões controlo e experimentais, apresentando apenas dois grupos por UP), para cada campanha de amostragem realizada, de forma a averiguar se ocorreram diferenças significativas (para um nível de significância de 5%), para cada parâmetro analisado, entre o talhão controlo e o talhão experimental, ao longo do tempo.

Para uma compreensão mais imediata dos resultados do estudo estatístico realizado, cada gráfico elaborado, para cada parâmetro analisado, inclui um código estatístico comumente utilizado por diversos autores. Desta forma, para a análise estatística temporal (que verifica quais os pares de amostragens, para um mesmo talhão, que diferem significativamente entre si, a um grau de significância de 5%), foram utilizadas letras minúsculas, na cor representada para cada talhão. Para a análise estatística espaço-temporal (que verifica se ocorrem diferenças significativas, a um grau de significância de 5%, entre o talhão controlo e o talhão experimental de cada UP, para cada campanha de amostragem) foram utilizadas letras maiúsculas. Quando as letras são iguais, sabe-se que o parâmetro em análise não registou diferenças significativas para o par de amostragens ou entre o talhão controlo e o talhão experimental, para dada campanha de amostragem.

III.4.2.5.1 Matéria Orgânica

Na Figura 40 estão representados os gráficos com os teores médios de matéria orgânica no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 40: Evolução do teor médio de matéria orgânica do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Como se pode constatar pela análise dos gráficos da Figura 40, todos os talhões registaram uma evolução média crescente de matéria orgânica no solo, com excepção da área de pastagem (talhão E) que diminuiu de 2007 para Maio de 2008, mas apresentando uma evolução igualmente crescente de Maio de 2008 até Abril de 2009. Este facto confirma, assim, o aumento gradual observado nos mapas de simulação de distribuição espacial para este parâmetro, nos talhões controlo e experimentais, e as oscilações observadas no talhão E. Confirma também que factores externos, nomeadamente o clima e, consequentemente, a actividade biológica dos organismos vivos do solo (entre outros factores), influenciaram o teor de matéria orgânica observado, uma vez que, quer os talhões controlo, quer os talhões referência, sofreram igualmente aumentos deste parâmetro, ao longo do tempo.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controlo A registou sempre um teor médio de matéria orgânica superior ao talhão experimental B. Ambos os talhões sofreram um aumento gradual aproximadamente na mesma proporção (com uma taxa de aumento de 63,7% e 73,6% para o talhão A e B, respectivamente, entre 2007 e 2009), ao longo do tempo, não apresentando diferenças significativas entre eles para nenhuma das campanhas de amostragem realizadas.

Temporalmente, ambos os talhões registaram um aumento significativo de Março de 2007 para Julho de 2008 ($p_{\text{talhão A}} = 0,025$; $p_{\text{talhão B}} = 0,032$) e Abril de 2009 ($p_{\text{talhão A}} = 0,003$; $p_{\text{talhão B}} = 0,001$), mas também de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p_{\text{talhão A}} = 0,033$; $p_{\text{talhão B}} = 0,009$). Tal como já foi referido no item III.4.2.1, a diferença mínima observada ao longo do tempo entre os talhões, assim como o aumento significativo ao longo do tempo em ambos os talhões, dever-se-á à mudança de atitude por parte do agricultor desta UP quanto à forma de manejo do solo, uma vez que todos os materiais orgânicos resultantes da limpeza dos terreiros e da capina, entre outros, eram deixados ou transportados para ambos os talhões A e B. No entanto, factores externos poderão estar também na origem do aumento generalizado observado para este parâmetro. Contudo, e tal como já foi referido anteriormente, a introdução e poda das leguminosas também terá tido aqui o seu contributo no Talhão B, embora de forma aparentemente ténue, dado que a taxa de aumento deste parâmetro foi ligeiramente superior no talhão experimental.

Relativamente à UP [Sítio] São João, o talhão controlo D apresentava uma condição inicial média melhor que o talhão experimental C para este parâmetro, facto que se inverteu a partir de Julho de 2008, como se pode constatar pela Figura 40. No entanto, o aumento no teor de MO mais acentuado no talhão experimental C não foi suficiente para indicar diferenças significativas entre os talhões em nenhuma das campanhas de amostragem, ainda que, consequentemente, a taxa de aumento tenha sido mais acentuada para este talhão (o teor de MO aumentou 48,2% para o talhão experimental C e 90,6% para o talhão controlo D, entre 2007 e 2009). Ambos os talhões sofreram incrementos no teor de MO ao longo do tempo, contudo, o talhão experimental C registou um aumento significativo mais rapidamente que o talhão controlo D. Assim, o talhão experimental C indicou um aumento médio significativo de Março de 2007 para Julho de 2008 ($p = 0,016$) e Abril de 2009 ($p = 0,000$), ao passo que o talhão controlo D apresentou um aumento médio significativo apenas de Março de 2007 para Abril de 2009 ($p = 0,006$). O aumento mais acentuado do teor de MO no talhão C dever-se-á quer à introdução de leguminosas, quer ao número reduzido de capinas no solo deste talhão, quer a uma maior cobertura viva (e também morta, ainda que de forma menos acentuada) devido ao desenvolvimento das plantas, que terão promovido uma maior protecção do solo e, consequentemente, uma maior actividade biológica. O aumento do teor de MO no talhão D dever-se-á, sobretudo, à crescente protecção do solo por cobertura viva (devido ao desenvolvimento das plantas arbustivas e arbóreas). Factores externos estarão também na origem do aumento generalizado deste parâmetro, tal como já foi referido anteriormente.

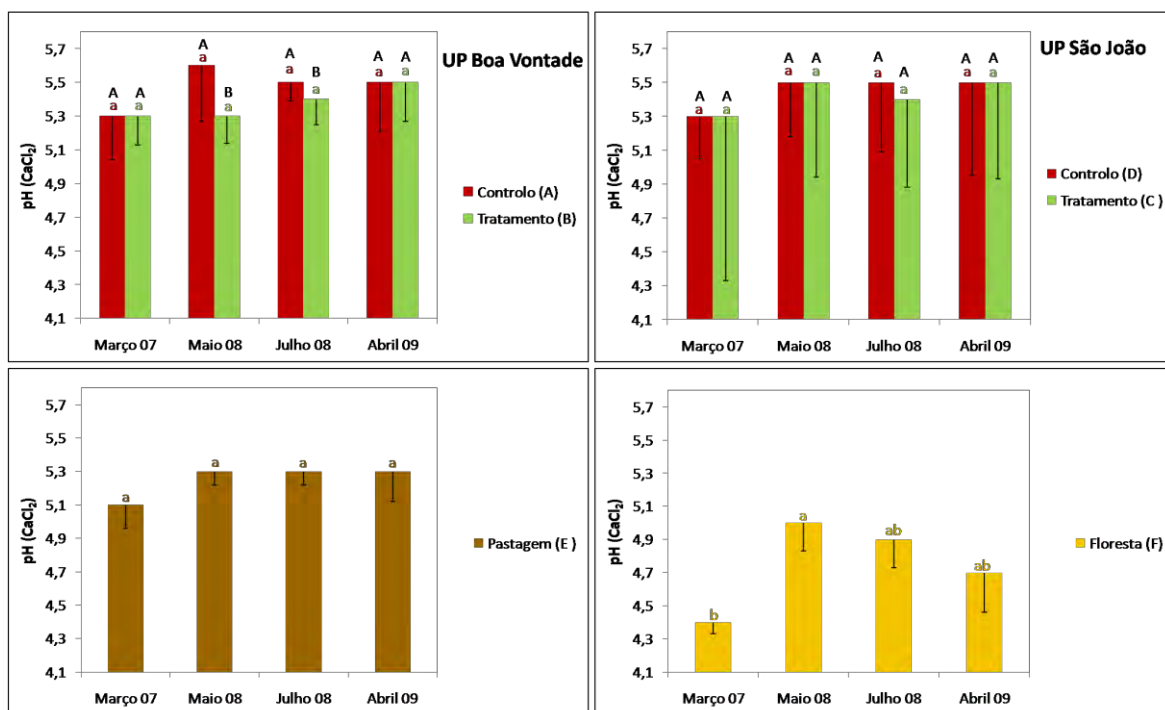
A área de pastagem (talhão E), como já foi referido, registou algumas oscilações no teor médio de matéria orgânica, apresentando valores mais acentuados em Março de 2007 e Abril de 2009 (época de chuvas) e mais baixos nas amostragens de 2008 (época seca), em princípio, devido às características hidromórficas deste solo e mostrando, igualmente, a influência do teor de humidade do solo. Esta área de referência não registou alterações significativas ao longo do tempo.

A área de floresta nativa (talhão F) registou um aumento progressivo do teor de MO ao longo do tempo, comprovando que factores externos estarão na origem dos aumentos observados em todos os talhões, acreditando-se que o clima seja o principal factor externo influenciador deste parâmetro (segundo testemunhos, os anos de 2007 e 2008 foram anos mais secos que o que é considerado normal). Estranhamente, a análise estatística apresentou um aumento significativo no teor de MO para a área de floresta entre Maio de 2008 e Abril de 2009 ($p = 0,049$), mas não mostrou diferença significativa entre Março de 2007 e Abril de 2009 ($p = 0,069$), para um grau de significância de 5%, quando a diferença de médias foi superior para este último. No entanto, ambas as amostragens apresentaram um grau de significância bastante próximo de 5%, ou seja, próximo da região de aceitação ou rejeição da hipótese nula.

É visível também o teor sempre superior de MO na área de floresta (talhão F), comparativamente com os quintais agro-florestais em estudo (talhões A a D). Sabendo que estes quintais agro-florestais já foram áreas de floresta no passado, verifica-se, desta forma, o que é referido por Varennes (2003), ou seja, a conversão de solos florestais em áreas agrícolas conduzem a uma perda de matéria orgânica mais acentuada, atingindo-se um novo equilíbrio num patamar mais baixo.

III.4.2.5.2 Reacção do solo

Na Figura 41 estão representados os gráficos com a reacção média do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
 - Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 41: Evolução da reacção média do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

De acordo com a Figura 41, todos os talhões apresentaram um pH médio dentro dos valores considerados óptimos para a maioria das plantas, ou seja, entre 5,0 e 6,0. Foi excepção a área de floresta primária (talhão F) que registou sempre uma acidez elevada ($\text{pH} \leq 5,0$) para todas as amostragens (característica comum das áreas florestais tropicais devido à presença de alumínio, ferro ou manganésio). Em todos os talhões (controlo, experimentais e de referência), o pH foi inferior na amostragem de Março de 2007, comparativamente às subsequentes, o que estará associado à alteração da metodologia (o número de amostras duplicou e o ponto de amostragem também diferiu ligeiramente) ou a qualquer factor externo desconhecido.

Dentro da acidez média observada no solo do quintal agro-florestal da UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controlo A registou algumas oscilações ao longo do tempo, com um pH médio de 5,6, na amostragem de Maio de 2008, superior às restantes amostragens, embora sem variação significativa ao longo do tempo, para todas as amostragens. Tendo em conta que apenas a amostragem de Março de 2007 registou um pH inferior, esta ligeira diferença poderá dever-se à alteração da metodologia usada. O talhão B registou um aumento gradual não significativo ao longo do tempo. Especialmente, o talhão controlo A indicou diferenças significativas comparativamente ao

talhão experimental B, em ambas as amostragens de 2008 ($p = 0,001$ para Maio de 2008 e $p = 0,000$ para Julho de 2008). As maiores diferenças observadas em Maio de 2008 poderão indicar algum erro de laboratório ou de recolha das amostras em campo, uma vez que esta diferença não é tão acentuada nas restantes amostragens, sendo inclusive nula em 2007 e 2009. Contudo, as diferenças significativas observadas parecem indicar uma grande sensibilidade do teste estatístico para esta UP, uma vez que o pH não diferiu de forma que se possa considerar acentuada; apresenta, na verdade, um pH bastante semelhante em ambos os talhões e em todas as amostragens.

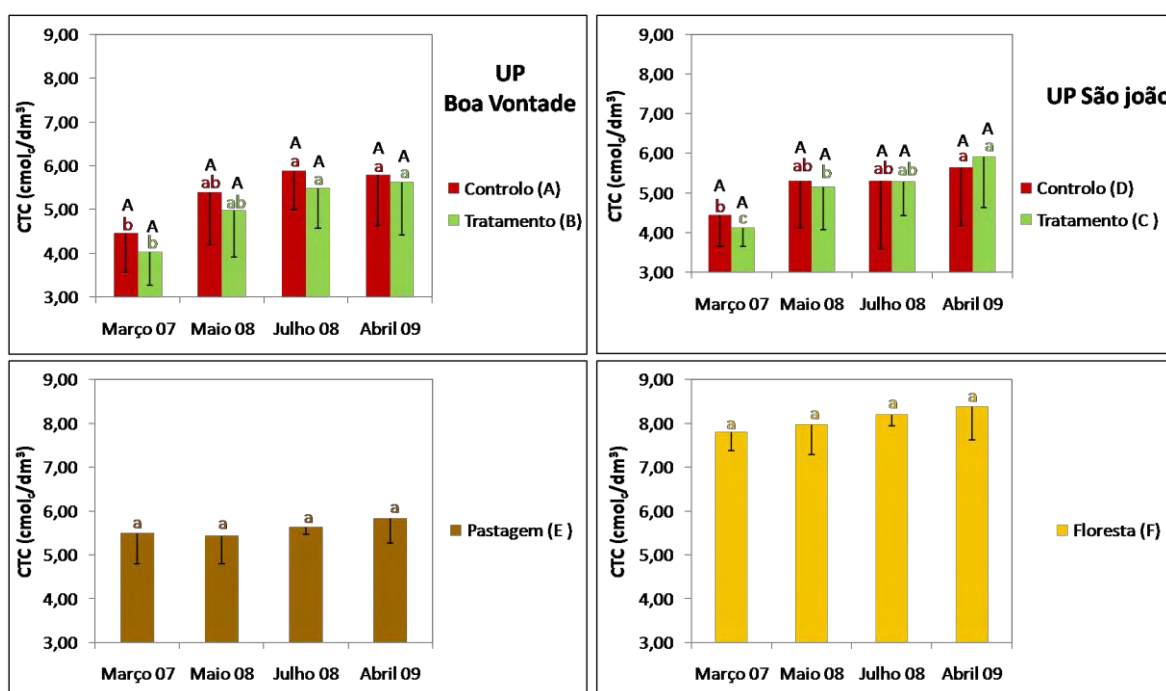
O solo do quintal agro-florestal da UP [Sítio] São João indicou também características médias bastantes semelhantes entre ambos os talhões, relativamente a este parâmetro, não indicando diferenças significativas, ao longo do tempo, em ambos os talhões, nem entre o talhão controlo D e o talhão experimental C, para todas as amostragens. O talhão experimental C registou, contudo, ligeiras oscilações ao longo do tempo e, sobretudo, uma variação espacial bastante acentuada, como se pode constatar pelas barras de erro no gráfico desta UP da Figura 41, indicando uma elevada heterogeneidade do solo, quanto ao pH, igualmente observada nos mapas de simulação de distribuição espacial (esta heterogeneidade deve-se, sobretudo, à presença de alumínio trocável em pequenas quantidades em algumas áreas deste talhão – ver Tabela 2 do Anexo I). O talhão controlo D apresentou igualmente uma variação espacial acentuada, embora inferior à observada no talhão experimental C. Esta variação espacial inferior observada, no talhão controlo D, dever-se-á à ausência de alumínio trocável neste talhão nas amostragens de Março de 2007 e Maio de 2008 (ver Tabela 2 do Anexo I). Nas amostragens de Julho de 2008 e Abril de 2009 registou-se a presença, ainda que baixa, de alumínio trocável em apenas num ponto, para a primeira, e em dois pontos, para a segunda amostragem referida (ver Tabela 2 do Anexo I), tendo-se observado igualmente uma maior variação espacial. Este facto poderá indicar, uma vez mais, que quantidades mínimas de alumínio no solo poderão afectar, de forma relativamente acentuada, o pH do solo e, consequentemente, a sua fertilidade.

A área de pastagem (talhão E) registou um pH mais ou menos constante, ao longo do tempo, ao passo que a área de floresta (talhão F) registou as maiores variações de pH, ao longo do tempo, comparativamente com os restantes talhões, com uma acidez sempre elevada, e registando, inclusive, um aumento significativo de Março de 2007 para Maio de 2008 ($p = 0,030$). O pH atingiu valores mais próximos de 5,0 nas amostragens realizadas na época seca (2008), indicando que,

devido à maior escassez de chuvas, as bases de troca não terão sido lixiviadas, permitindo um aumento do pH e uma diminuição da acidez potencial.

III.4.2.5.3 Capacidade de Troca Catiônica

Na Figura 42 estão representados os gráficos com os teores médios da capacidade de troca catiônica no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controle versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 42: Evolução do teor médio da capacidade de troca catiônica do solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Como se pode constatar pela Figura 42, todos os talhões apresentaram teores de CTC médios para todas as amostragens, com exceção dos talhões experimentais B e C na amostragem de 2007 que apresentaram teores baixos.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controle A registou sempre uma qualidade do solo superior ao talhão experimental B, quanto à CTC. Ambos os talhões registraram um aumento médio do teor de CTC, desde 2007 até Julho de 2008, com um aumento significativo, em ambos, entre 2007 e Julho

de 2008 ($p_{\text{talhão A}} = 0,011$; $p_{\text{talhão B}} = 0,006$), não se verificando, contudo, diferenças significativas entre o talhão controle A e o talhão experimental B, em todas as amostragens realizadas. De Julho de 2008 para Abril de 2009, a CTC sofreu poucas alterações, tendo aumentado ligeiramente no talhão experimental B, mas, pelo contrário, tendo diminuído no talhão controle A. Apesar disso, registou-se um aumento significativo, também, entre 2007 e 2009, para ambos os talhões ($p_{\text{talhão A}} = 0,018$; $p_{\text{talhão B}} = 0,002$). Este aumento da CTC, ao longo do tempo, acompanha o aumento de MO também observado, mostrando também que terá ocorrido um aumento na mineralização da MO. A ausência de diferenças significativas entre os talhões deve-se às razões apontadas para a MO, ou seja, à alteração de atitude do agricultor desta UP quanto à forma de manejo do solo, ao longo do tempo, e a factores externos dado que os talhões referência indicaram igualmente um aumento da CTC ao longo do tempo.

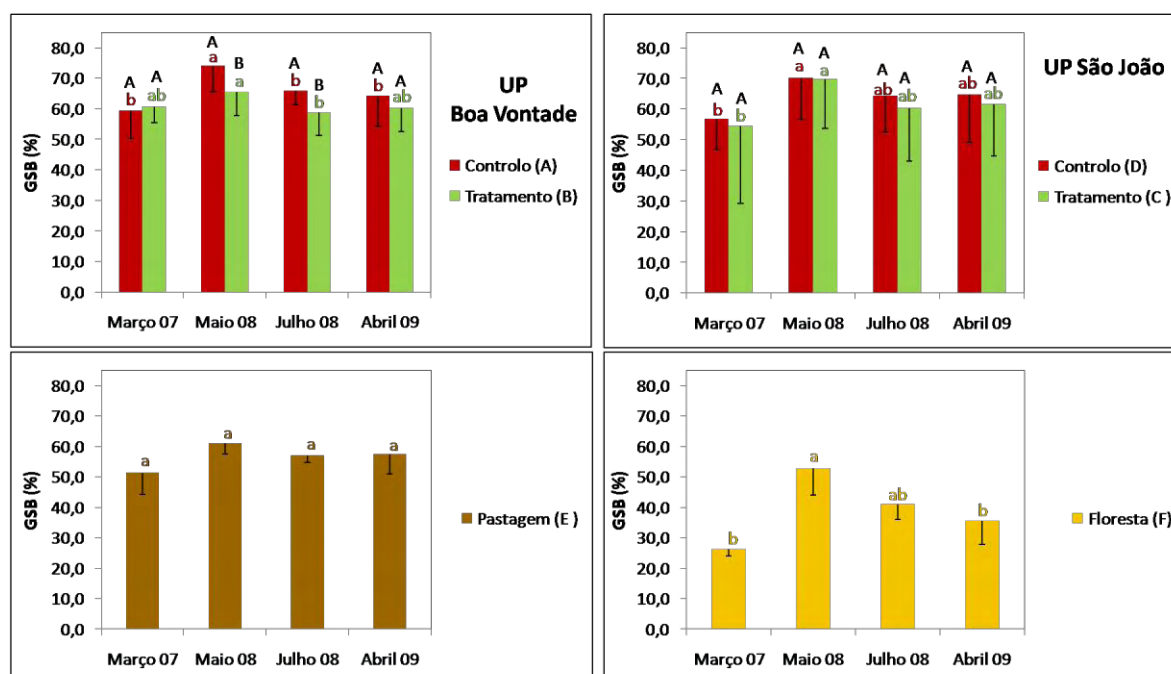
Na UP [Sítio] São João, o talhão controle D apresentou uma qualidade inicial do solo, quanto à CTC, superior à do talhão experimental C. No entanto, esta situação inverte-se em 2009, apresentando, aqui, o talhão experimental C, uma CTC superior à do talhão controle D. Contudo, não significa que houve uma melhoria considerável no talhão experimental C, uma vez que a CTC depende do GSB, mas também da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$). Como se poderá observar na Figura 43, ocorreu um aumento do GSB de 2007 para 2009, mas este aumento não foi significativo, levando-nos a crer que a acidez potencial também terá aumentado neste período. Ambos os talhões apresentaram uma CTC mais ou menos constante entre as amostragens de 2008, mas o GSB diminuiu entre estas amostragens (ver Figura 43), indicando que a acidez potencial do solo terá aumentado (é de referir que não seriam esperadas grandes diferenças para qualquer um dos parâmetros, entre Maio e Julho de 2008, dada a proximidade temporal entre estas amostragens). O talhão controle D aumentou de 2007 para Maio de 2008 e Abril de 2009, mas este aumento apenas foi significativo de 2007 para 2009 ($p = 0,040$). Por sua vez, o talhão experimental C, apesar de ter apresentado um comportamento idêntico ao talhão controle D, registou um aumento significativo da CTC de 2007 para todas as amostragens seguintes ($p = 0,010$ para Maio de 2008; $p = 0,003$ para Julho de 2008; $p = 0,000$ para Abril de 2009) e, também, de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,028$).

Os talhões referência E e F apresentaram uma CTC mais ou menos constante ao longo do tempo, ainda que com um ligeiro aumento, mas que não é significativo em nenhum dos talhões. A área de floresta (talhão F) foi a que apresentou a CTC mais elevada comparativamente com os outros

talhões, ainda que dentro dos teores médios para as classes de fertilidade consideradas neste estudo. No entanto, mais de metade desta CTC deve-se à presença de iões hidrogénio e algum alumínio, pois o GSB foi sempre inferior a 50% nesta área (52,8% em Maio de 2008) (ver Figura 43).

III.4.2.5.4 Grau de Saturação em bases

Na Figura 43 estão representados os gráficos com os valores médios do grau de saturação em bases no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 43: Evolução do grau de saturação em bases do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Pela análise da Figura 43, verifica-se que a amostragem de Maio de 2008 foi a que apresentou um GSB mais acentuado em todos os talhões, constatando-se que houve uma maior mineralização da MO neste período. Esta maior mineralização poderá ter ocorrido devido à ocorrência de precipitação dias antes da recolha das amostras de solo desta amostragem, o que terá induzido uma maior actividade biológica durante estes dias (tal como já foi referido no item III.4.2.3 para o GSB). A

diminuição do GSB, de Maio para Julho de 2008, dever-se-á ao consumo dos nutrientes pelas plantas e a perdas por lixiviação, mas em pequena escala, pois a queda de precipitação entre estas duas amostragens foi quase nula (inferior a 15mm).

A UP [Sítio] Boa Vontade apresentou sempre, em termos médios, um solo com um GSB alto para ambos os talhões, sempre superior a 60% ou bastante próximo deste valor, em todas as campanhas de amostragem. Com excepção da amostragem de 2007, o talhão controlo A registou sempre valores superiores, comparativamente ao talhão experimental B, confirmando, uma vez mais, uma melhor qualidade do solo para o primeiro. No talhão controlo A, o GSB foi mais acentuado em Maio de 2008, diferindo significativamente das restantes amostragens ($p = 0,000$ para Março de 2007; $p = 0,022$ para Julho de 2008; $p = 0,004$ para Abril de 2009), que apresentaram sempre um GSB mais baixo. No talhão experimental B, o GSB foi também superior em Maio de 2008, mas apenas se observou uma diminuição significativa das bases de troca entre Maio e Julho de 2008 ($p = 0,037$), facto associado ao consumo destes nutrientes pelas plantas ou por pequenas perdas por lixiviação, tal como já foi referido atrás. As amostragens de Maio e Julho de 2008 apresentaram, igualmente, diferenças significativas entre o talhão controlo A e o talhão experimental B ($p = 0,004$ para Maio de 2008; $p = 0,002$ para Julho de 2008), com o talhão A a registar teores mais elevados, indicando uma maior actividade biológica e, consequentemente, uma maior mineralização, no talhão controlo A.

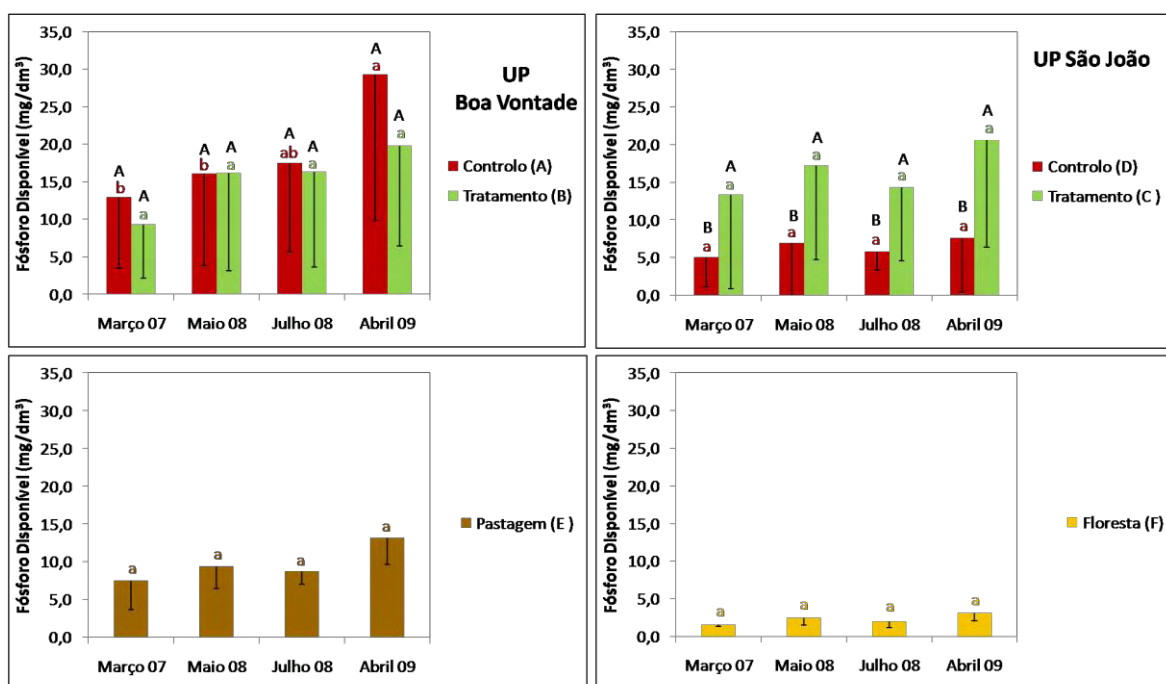
Na UP [Sítio] São João, o GSB foi quase sempre superior a 60%, tal como aconteceu na UP [Sítio] Boa Vontade, sendo ligeiramente inferior em 2007, em ambos os talhões. Este parâmetro pouco difere entre o talhão controlo D e o talhão experimental C, embora se apresente sempre ligeiramente superior no talhão controlo D, mas não o suficiente para registar diferenças significativas entre eles, em todas as amostragens. Tal como aconteceu na UP [Sítio] Boa Vontade, ambos os talhões apresentaram um GSB mais elevado em Maio de 2008, mas indicando diferenças significativas apenas entre 2007 e Maio de 2008 ($p_{\text{talhão C}} = 0,042$; $p_{\text{talhão D}} = 0,011$). Também para este parâmetro, o solo do talhão experimental C apresentou uma variação espacial relativamente acentuada, sobretudo em Março de 2007, mostrando novamente alguma heterogeneidade.

A área de pastagem (talhão E), tal como aconteceu para os parâmetros anteriores já analisados, apresentou um GSB mais ou menos constante ao longo do tempo. A área de floresta (talhão F), por sua vez, sofreu algumas variações ao longo do tempo, acompanhando o padrão do pH, o que indica que este influencia a concentração de bases de troca no solo, como seria de esperar e como é

referido por diversos autores, apresentando um aumento significativo de nutrientes no solo de Março de 2007 para Maio de 2008 ($p = 0,007$) e, depois, uma diminuição significativa de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,026$). Uma vez mais, este facto reflecte que factores externos se encontram a influenciar a fertilidade do solo, uma vez que as mesmas alterações se observaram neste talhão referência e tendo em conta que os quintais agro-florestais em estudo apresentam características semelhantes às áreas de floresta, como seria de esperar.

III.4.2.5.5 Fósforo Disponível

Na Figura 44 estão representados os gráficos com os teores médios de fósforo disponível no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 44: Evolução do teor médio de fósforo disponível no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Na Figura 44, é perfeitamente visível a diferença entre a área de floresta nativa e as restantes áreas, no que respeita ao teor de fósforo disponível no solo, com valores muito baixos na área de floresta (sempre inferiores a 5 mg/dm³), em todas as campanhas de amostragem realizadas. Vários

poderão ser os factores a influenciar os baixos valores de fósforo na Mata Alta (Talhão F), nomeadamente o pH baixo que, segundo Varennes (2003), retém mais facilmente o fósforo ou o precipita na presença de iões alumínio, ferro ou manganésio, a ausência de fogo (segundo vários autores, o fogo disponibiliza mais rapidamente o fósforo através das cinzas que se formam), a baixa actividade biológica devido ao pH baixo e o tipo de vegetação presente (as exigências nutricionais das plantas nativas poderão ser elevadas e a composição nutritiva das folhas que caem e alimentam o solo podem ser baixas).

Os solos de ambos os talhões da UP [Sítio] Boa Vontade e o talhão experimental C da UP [Sítio] São João foram os que apresentaram os melhores teores de fósforo disponível, quer no início da actividade experimental, quer ao longo do tempo. Apresentaram, contudo, grandes variações espaciais deste nutriente, facto que também foi observado nos mapas de simulação de distribuição espacial do fósforo disponível. Este parâmetro registou os seus maiores teores nas áreas onde a cobertura morta e viva, nestes talhões, foi superior, indicando uma maior actividade biológica e, consequentemente, uma maior mineralização da MO, tornando o fósforo disponível. O tipo de árvores presente poderá também ter uma forte influência, pois a manta morta presente não corresponde a árvores que se encontrem (pelo menos com frequência) nas áreas de floresta, além da maior diversidade de espécies existente nas áreas de floresta. No talhão A, o lado esquerdo do talhão sofre a influência de um ingá adulto, que é uma leguminosa, podendo esta disponibilizar o fósforo com maior facilidade devido às suas características simbióticas. A mangueira (talhão B) e o urucum (talhão C) também são espécies que não se observam nas áreas de floresta, podendo influenciar o teor de fósforo disponível no solo ou apresentar menores exigências nutricionais. No entanto, seriam necessários estudos detalhados à folhada das principais plantas presentes, quer nos SAF's, quer nas áreas de floresta, para conhecer as reservas nutricionais dos materiais orgânicos em decomposição nestes solos.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controlo A apresentou sempre um teor de fósforo disponível superior ao talhão experimental B, com maior ênfase em Abril de 2009, mas sem diferenças significativas entre os talhões em qualquer uma das amostragens realizadas, mostrando, mais uma vez, uma qualidade superior do talhão A desde o início. Parece ter ocorrido uma mineralização da matéria orgânica mais acentuada em Abril de 2009, com maior destaque para o talhão controlo A, em princípio devido à presença de quantidades superiores de matéria orgânica neste talhão. O teor médio de fósforo disponível sofreu uma evolução crescente ao longo do tempo, com aumentos

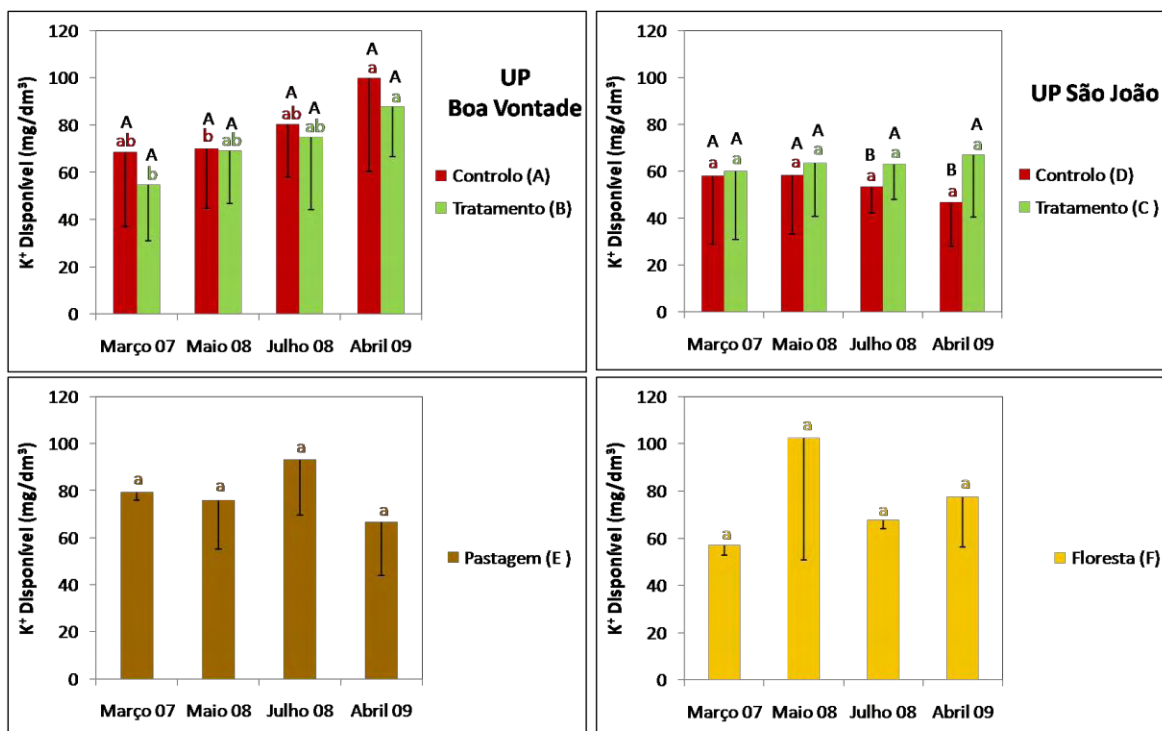
significativos, no talhão controlo A, de Março de 2007 e Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,036$ em Março de 2007; $p = 0,038$ em Maio de 2008). O talhão experimental B, apesar de também apresentar uma evolução crescente de fósforo disponível no solo ao longo do tempo, não registou, contudo, aumentos significativos.

Na UP [Sítio] São João, o talhão experimental C apresentou sempre, para todas as amostragens, níveis de fósforo disponível no solo significativamente superiores ao talhão controlo D ($p_{\text{Março 2007}} = 0,021$; $p_{\text{Maio 2008}} = 0,000$; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,000$; $p_{\text{Abril 2009}} = 0,000$), indicando que o talhão experimental C é mais rico em fósforo desde o início da actividade experimental. As razões serão as mesmas já explicadas atrás, ou seja, o talhão experimental C apresenta um estrato arbóreo, há muitos anos, na parte superior esquerda do talhão, onde se observaram os maiores teores de fósforo, em todas as amostragens, o mesmo não se verificando na restante área do talhão e em todo o talhão controlo D, onde se observaram teores mais baixos deste nutriente. O talhão D sempre apresentou um solo praticamente nú, até ao início da actividade experimental, isto é, desprovido de manta morta, e mesmo durante a actividade experimental, devido à sua principal utilização agrícola para culturas anuais como o milho, o amendoim, a abóbora, entre outras. O solo de ambos os talhões apresentou algumas oscilações no teor deste nutriente, não se observando diferenças significativas ao longo do tempo.

A área de pastagem (talhão E), assim como a área de floresta (talhão F) que já foi referida acima, não apresentaram diferenças significativas deste nutriente, ao longo do tempo, mas indicaram algumas oscilações. Os teores mais elevados de fósforo na área de pastagem, comparativamente com a área de floresta, dever-se-ão às características hidromórficas do primeiro.

III.4.2.5.6 Potássio Disponível

Na Figura 45 estão representados os gráficos com os teores médios de potássio disponível no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 45: Evolução do teor médio de potássio disponível no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Pela análise da Figura 45, verifica-se que todos os talhões apresentaram teores médios de potássio disponível no solo médios e altos e que grande parte dos talhões registou um teor médio superior a 60 mg/dm^3 , exceptuando-se o talhão controlo D e a área de floresta em Março de 2007. Pode dizer-se assim, que o solo das áreas em estudo não indica carência deste nutriente. Este facto é igualmente comprovado nos estudos de caracterização de solos com diferentes usos nesta comunidade quilombola e na comunidade quilombola de Retiro (próxima à do Boqueirão), que mostraram teores médios de potássio disponível sempre superiores a 50 mg/dm^3 , para todos os tipos de uso do solo analisados, com teores, inclusive, muito altos nos quintais agro-florestais estudados (Bento, 2006).

Na UP [Sítio] Boa Vontade, ambos os talhões registaram uma evolução crescente do teor médio de potássio disponível, ao longo do tempo, com teores deste nutriente sempre superiores no talhão controlo A, tal como tem vindo a acontecer com os parâmetros já analisados anteriormente, embora sem diferenças significativas entre os talhões para todas as campanhas de amostragem realizadas. Tal como aconteceu para a MO no talhão F, a análise estatística apresentou um aumento

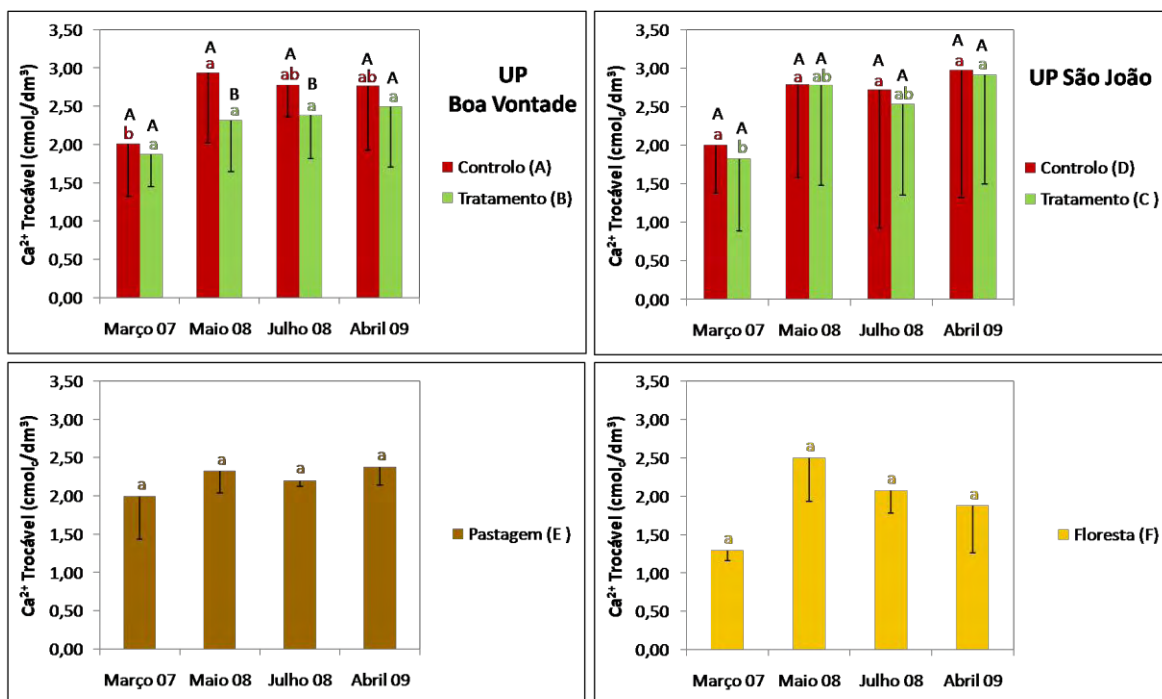
significativo no teor de potássio, para o talhão controle A, entre Maio de 2008 e Abril de 2009 ($p = 0,024$), mas não indicou um aumento significativo entre Março de 2007 e Abril de 2009 ($p = 0,066$), para um grau de significância de 5%, quando a diferença de médias foi superior para este último. No entanto, esta última apresentou um grau de significância bastante próximo de 5%, ou seja, próximo da região de aceitação ou rejeição da hipótese nula. O talhão experimental B indicou um aumento significativo entre Março de 2007 e Abril de 2009 ($p = 0,010$), como seria de esperar.

O quintal agro-florestal da UP [Sítio] São João apresentou uma qualidade do solo inferior ao quintal agro-florestal da UP [Sítio] Boa Vontade, quanto ao potássio disponível. O talhão controle D registou, inclusive, uma diminuição deste nutriente no solo, ao longo do tempo, ainda que não tenha sido uma diminuição significativa para nenhuma das campanhas de amostragem. Pelo contrário, o talhão experimental C, registou um ligeiro aumento ao longo do tempo, com valores praticamente constantes nas duas amostragens de 2008, mas também sem diferenças significativas. No entanto, apresentou diferenças significativas entre o talhão controle D e o talhão experimental C nas amostragens de Julho de 2008 ($p = 0,008$) e Abril de 2009 ($p = 0,001$), o que seria de esperar, uma vez que estes talhões evoluíram na ordem inversa, em termos médios, com valores mais elevados no talhão experimental C. Sabendo que o talhão controle D é utilizado com frequência para a plantação de culturas anuais, como o milho e o amendoim, sobretudo nas últimas parcelas do talhão, este nutriente pode ter sido exportado em alguma quantidade nos frutos destas plantas, pois segundo Varennes (2003), em sistemas agrícolas, este nutriente é exportado em grandes quantidades no material vegetal, já que as plantas contêm elevados teores deste elemento, podendo resultar no empobrecimento progressivo do solo. Seriam, no entanto, necessários estudos aprofundados destas culturas para comprovar esta teoria.

Ambos os talhões referência E e F não registaram diferenças significativas ao longo do tempo, para todas as campanhas de amostragem realizadas. No entanto, o teor de potássio oscilou nos dois talhões, ao longo do tempo, verificando-se um aumento médio deste nutriente, que se pode considerar acentuado, no talhão F, de Março de 2007 ($57 \pm 4 \text{ mg/dm}^3$) para Maio de 2008 ($103 \pm 52 \text{ mg/dm}^3$ – este último com um desvio-padrão acentuado, indicando uma acentuada heterogeneidade no solo, para este período).

III.4.2.5.7 Cálcio Trocável

Na Figura 46 estão representados os gráficos com os teores médios de cálcio trocável no solo, nos talhões controle, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 46: Evolução do teor médio de cálcio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Como se pode constatar pela análise da Figura 46, todos os talhões apresentaram um teor mais baixo de cálcio trocável em Março de 2007, comparativamente às restantes amostragens, o que pode estar, uma vez mais, associado à alteração de metodologia (o número de amostras de solo recolhidas duplicou de 2007 para as restantes amostragens e o ponto de recolha das amostras também diferiu ligeiramente). Também se verifica que os talhões controlo A e D e o talhão experimental C foram os que registaram teores médios de cálcio trocável mais elevados, em 2008 e 2009. É de referir, contudo, que ambos os talhões da UP [Sítio] São João apresentaram uma variação espacial acentuada, quando comparados com os restantes, mostrando uma grande heterogeneidade deste nutriente no solo do quintal agro-florestal desta UP.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controlo A apresentou uma qualidade superior do solo, quanto ao teor de cálcio trocável, comparativamente ao talhão experimental B, chegando mesmo a indicar

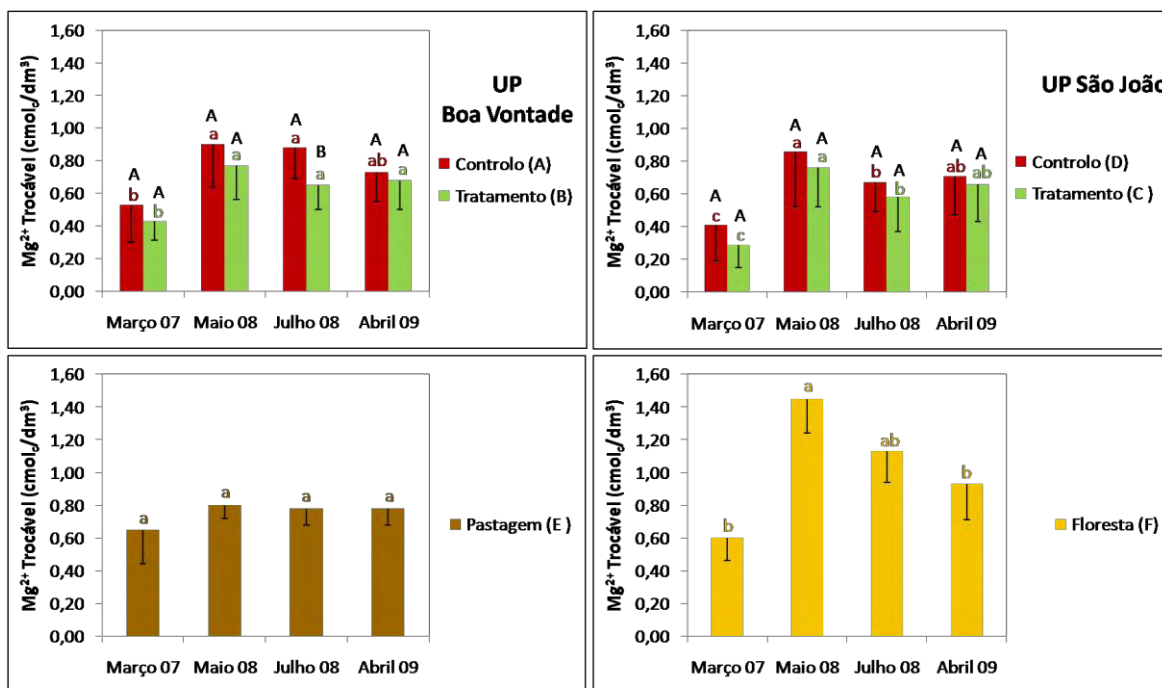
diferenças significativas entre os talhões nas amostragens de 2008 ($p_{\text{Maio 2008}} = 0,026$; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,024$), comprovando o que já foi referido aquando da análise dos mapas de simulação da distribuição para este nutriente. Em 2008, o talhão controlo A encontrava-se com uma boa cobertura por manta morta para ambas as amostragens realizadas (a capina e poda de limpeza destes talhões tinha sido realizada dias antes da recolha de amostras de solo em Maio de 2008). Este facto poderá ter promovido uma maior actividade biológica do solo e, conseqüentemente, uma maior mineralização da matéria orgânica, aumentando assim o teor de cálcio trocável no solo. O talhão controlo A apresentou algumas oscilações ao longo do tempo, tendo aumentado significativamente de Março de 2007 para Maio de 2008 ($p = 0,018$), mas diminuindo ligeiramente depois para as amostragens subsequentes. No talhão experimental B, o teor de cálcio trocável no solo foi aumentando sempre, ao longo do tempo, mas de forma pouco significativa.

Na UP [Sítio] São João, ambos os talhões apresentaram características semelhantes quanto a este nutriente, não existindo registo de diferenças significativas entre eles. O talhão controlo D também não registou diferenças significativas ao longo do tempo, apesar de ter aumentado o teor de cálcio trocável no solo de Março 2007 para Maio de 2008 e Abril de 2009, mantendo-se praticamente constante entre Maio e Julho de 2008. O talhão experimental C apresentou alguma oscilação ao longo do tempo, tendo aumentado também de Março de 2007 para Maio de 2008 (aumento não significativo, segundo o teste estatístico) e Abril de 2009 (aumento significativo com um $p = 0,037$), mas diminuindo ligeiramente de Maio para Julho de 2008, em princípio, devido ao seu consumo pelas plantas e a alguma perda por lixiviação (embora em pequena escala dada a escassez de precipitação ocorrida entre estas duas amostragens).

Tal como aconteceu para o potássio, os talhões referência E e F não registaram diferenças significativas, ao longo do tempo, no teor de cálcio trocável, indicando contudo algumas oscilações na sua concentração. O talhão F apresentou, inclusive, um aumento considerável, ainda que pouco significativo segundo o teste estatístico realizado, de Março de 2007 para Maio de 2008, diminuindo depois, ao longo do tempo, nas amostragens subsequentes.

III.4.2.5.8 Magnésio Trocável

Na Figura 47 estão representados os gráficos com os teores médios de magnésio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João, para os períodos de amostragem realizados entre 2007 e 2009.



- Para cada talhão avaliado ao longo do tempo, letras **minúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

- Para cada campanha de amostragem avaliada (talhão controlo versus talhão experimental), letras **maiúsculas** iguais não diferem significativamente entre si pela análise de variância multivariada (MANOVA) ($p < 0,05$).

Figura 47: Evolução do teor médio de magnésio trocável no solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João, no período experimental de 2007 a 2009 (média \pm desvio padrão).

Tal como aconteceu para o cálcio trocável, todos os talhões apresentaram um teor mais baixo de magnésio trocável, em Março de 2007, comparativamente às restantes amostragens, como é constatável pela análise da Figura 47, o que pode resultar da alteração de metodologia (o número de amostras de solo recolhidas duplicou de 2007 para as restantes amostragens e o ponto de recolha das amostras também diferiu ligeiramente).

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o talhão controlo A apresentou uma qualidade superior do solo quanto ao teor de magnésio trocável, comparativamente ao talhão experimental B, chegando mesmo a indicar diferenças significativas entre os talhões na amostragem de Julho de 2008 ($p = 0,000$). Em 2008, o teor de magnésio trocável manteve-se praticamente constante, de Maio para Julho, no talhão controlo A, mas diminuiu para o talhão experimental B, explicando-se assim a diferença significativa observada entre os talhões em Julho de 2008. Tal como já foi referido no item anterior

(para o cálcio trocável), o talhão controlo A encontrava-se com uma boa cobertura por manta morta para ambas as amostragens realizadas (a capina e poda de limpeza destes talhões tinha sido realizada dias antes da recolha de amostras de solo em Maio de 2008). Este facto poderá ter promovido uma maior actividade biológica do solo e, consequentemente, uma maior mineralização da matéria orgânica, aumentando e mantendo de forma mais acentuada (quando comparado com o talhão experimental B) o teor de magnésio trocável no solo. O talhão controlo A apresentou algumas oscilações ao longo do tempo, tendo aumentado significativamente de Março de 2007 para Maio e Julho de 2008 ($p_{\text{Maio 2008}} = 0,001$; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,001$), mas diminuindo ligeiramente de Maio e Julho de 2008 para Abril de 2009. No talhão experimental B, o teor de magnésio trocável no solo oscilou ao longo do tempo, aumentando significativamente de Março de 2007 para as amostragens subsequentes ($p_{\text{Maio 2008}} = 0,000$; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,018$; $p_{\text{Abril 2009}} = 0,005$), mas diminuindo ligeiramente de Maio para Julho de 2008 e aumentando novamente de Julho de 2008 para Abril de 2009 (aumento não significativo).

Na UP [Sítio] São João, ambos os talhões apresentaram, mais uma vez, características semelhantes, quanto a este nutriente, não havendo registo de diferenças significativas entre eles, mas apresentando o talhão controlo D teores ligeiramente mais elevados que o talhão experimental C, em todas as amostragens. Apresentaram, assim, uma evolução aproximadamente proporcional para este parâmetro. Temporalmente, ambos os talhões apresentaram teores mais elevados em Maio de 2008, diminuindo significativamente de Maio para Julho de 2008 ($p_{\text{talhão C}} = 0,008$; $p_{\text{talhão D}} = 0,021$), mas aumentando de novo de Julho de 2008 para Abril de 2009 (aumento não significativo). Ambos os talhões indicaram, também, um aumento significativo de Março de 2007 para as restantes amostragens ($p_{\text{talhão C}} = 0,000$ e $p_{\text{talhão D}} = 0,000$ para Maio de 2008; $p_{\text{talhão C}} = 0,000$ e $p_{\text{talhão D}} = 0,009$ para Julho de 2008; $p_{\text{talhão C}} = 0,000$ e $p_{\text{talhão D}} = 0,002$ para Abril de 2009), devendo-se, em princípio, à alteração da metodologia usada da primeira amostragem para as subsequentes.

A área de pastagem (talhão E) não registou, novamente, diferenças significativas ao longo do tempo no teor de magnésio trocável, indicando uma concentração deste nutriente no solo quase constante. A área de floresta (talhão F), por sua vez, apresentou um aumento significativo de Março de 2007 para Maio de 2008 ($p = 0,003$), diminuindo depois ao longo do tempo nas amostragens subsequentes, registando, inclusive, uma diminuição significativa de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,018$). A diminuição do teor de magnésio observada de Maio para Julho de 2008 dever-se-á ao consumo pelas plantas e, possivelmente, a ligeiras perdas por lixiviação (a ocorrência de

precipitação foi escassa neste período, como já foi referido anteriormente). Os teores de magnésio trocável foram superiores em 2008 (época seca), quando comparados com 2007 e 2009 (época de chuvas), mostrando que este nutriente se perderá por lixiviação, na época das chuvas.

Em suma, de acordo com a análise estatística realizada, para a UP [Sítio] Boa Vontade, obtiveram-se diferenças significativas entre o talhão controlo A e o talhão experimental B apenas para as amostragens de Maio e Julho de 2008 e, para Maio de 2008, apenas para o pH ($p = 0,001$), o grau de saturação em bases ($p = 0,004$) e o cálcio trocável ($p = 0,026$) e, em Julho de 2008, os mesmos referidos atrás ($p_{\text{pH}} = 0,000$; $p_{\text{GSB}} = 0,002$; $p_{\text{Cálcio trocável}} = 0,024$), somando-se ainda o magnésio trocável ($p = 0,000$). Para estes nutrientes referidos, todos apresentaram valores mais elevados para o talhão controlo A. Para a UP [Sítio] São João, apenas se verificaram diferenças significativas entre o talhão controlo D e o talhão experimental C para o potássio disponível, em Julho de 2008 ($p = 0,008$) e Abril de 2009 ($p = 0,001$), e para o fósforo disponível, em todas as amostragens realizadas ($p_{\text{Março 2007}} = 0,021$; $p_{\text{Maio 2008}} = 0,000$; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,000$; $p_{\text{Abril 2009}} = 0,000$), indicando sempre o talhão experimental C teores destes nutrientes superiores ao talhão controlo D.

Numa análise sintética por talhão, para a UP [Sítio] Boa Vontade, quer o talhão controlo A, quer o talhão experimental B, sofreram aumentos significativos para a matéria orgânica de 2007 para Julho de 2008 ($p_{\text{talhão A}} = 0,025$; $p_{\text{talhão B}} = 0,032$) e Abril de 2009 ($p_{\text{talhão A}} = 0,003$; $p_{\text{talhão B}} = 0,001$) e de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p_{\text{talhão A}} = 0,033$; $p_{\text{talhão B}} = 0,009$). A CTC também aumentou significativamente para ambos os talhões da UP [Sítio] Boa Vontade de 2007 para Julho de 2008 ($p_{\text{talhão A}} = 0,011$; $p_{\text{talhão B}} = 0,006$) e Abril de 2009 ($p_{\text{talhão A}} = 0,018$; $p_{\text{talhão B}} = 0,002$). O grau de saturação em bases sofreu um aumento significativo, no talhão controlo A, de 2007 para Maio de 2008 ($p = 0,000$), mas depois sofreu diminuições igualmente significativas de Maio de 2008 para Julho de 2008 ($p = 0,022$) e Abril de 2009 ($p = 0,004$) e, no talhão experimental B, de Maio de 2008 para Julho de 2008 ($p = 0,037$). O fósforo disponível indicou aumentos significativos somente para o talhão controlo A, de 2007 e Maio de 2008 para 2009 ($p_{\text{Março 2007}} = 0,036$; $p_{\text{Maio 2008}} = 0,038$). O potássio disponível sofreu aumentos significativos, no talhão controlo A, de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,024$) e, no talhão experimental B, de 2007 para 2009 ($p = 0,010$). Relativamente ao cálcio trocável, apenas se identificou um aumento significativo para o talhão controlo A de 2007 para Maio de 2008 ($p = 0,018$). No que respeita ao magnésio trocável, no talhão controlo A obtiveram-se aumentos significativos deste nutriente de 2007 para ambas as amostragens de 2008 ($p_{\text{Maio 2008}} =$

0,001; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,001$) e, no talhão experimental B, de 2007 para ambas as amostragens de 2008 ($p_{\text{Maio 2008}} = 0,000$; $p_{\text{Julho 2008}} = 0,018$) e ainda para a de 2009 ($p = 0,005$). Em suma, para a análise de variância multivariada a um nível de significância de 5%, o talhão controle A apresentou variações temporais significativas para todos os parâmetros analisados com exceção do pH ($p = 0,078$) e o talhão experimental B não apresentou variações temporais significativas para o pH ($p = 0,684$), o fósforo disponível ($p = 0,241$) e o cálcio trocável ($p = 0,139$), indicando variações temporais significativas para os restantes parâmetros.

Quanto à UP [Sítio] São João, no talhão experimental C, a matéria orgânica sofreu aumentos significativos de 2007 para Julho de 2008 ($p = 0,016$) e Abril de 2009 ($p = 0,000$), de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,000$) e de Julho de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,003$) e, no talhão controle D, verificaram-se incrementos significativos deste parâmetro de 2007 para 2009 ($p = 0,006$) e de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,050$). A CTC também apresentou aumentos significativos, no talhão experimental C, de 2007 para Maio ($p = 0,010$) e Julho ($p = 0,003$) de 2008 e para Abril de 2009 ($p = 0,000$) e de Maio de 2008 para Abril de 2009 ($p = 0,028$) e, no talhão D, de 2007 para 2009 ($p = 0,040$). No que respeita ao grau de saturação em bases, ambos os talhões indicaram um aumento significativo de 2007 para Maio de 2008 ($p_{\text{talhão C}} = 0,042$; $p_{\text{talhão D}} = 0,011$). Para o cálcio trocável, apenas se identificou um aumento significativo deste nutriente para o talhão experimental C, de 2007 para 2009 ($p = 0,037$). Quanto ao magnésio trocável, ocorreram aumentos significativos, em ambos os talhões, de 2007 para todas as amostragens seguintes ($p_{\text{talhão C}} = 0,000$ e $p_{\text{talhão D}} = 0,000$ para Maio de 2008; $p_{\text{talhão C}} = 0,000$ e $p_{\text{talhão D}} = 0,009$ para Julho de 2008; $p_{\text{talhão C}} = 0,000$ e $p_{\text{talhão D}} = 0,002$ para Abril de 2009), mas identificando-se igualmente um decréscimo significativo deste nutriente, também em ambos os talhões, de Maio para Julho de 2008 ($p_{\text{talhão C}} = 0,008$; $p_{\text{talhão D}} = 0,021$). Em suma, na análise de variância multivariada, o talhão experimental C não indicou variações temporais significativas para o pH ($p = 0,799$), o fósforo disponível ($p = 0,160$) e potássio disponível ($p = 0,801$), apresentando variações significativas para os restantes parâmetros. O talhão controle D, na análise de variância multivariada, indicou variações temporais significativas somente para a matéria orgânica ($p = 0,005$) e o magnésio trocável ($p = 0,000$), mas, apesar de na MANOVA não ter indicado variações significativas para a CTC ($p = 0,069$), para um nível de significância de 5%, no teste de Tukey, para o mesmo nível de significância, indicou variações significativas de 2007 para 2009, como já foi referido atrás.

Relativamente aos talhões referência, a área de pastagem (talhão E) não indicou variações significativas ao longo do tempo para nenhum dos parâmetros analisados, em princípio, devido às suas características hidromórficas. A área de floresta nativa (talhão F) indicou variações temporais significativas, pelo teste de Tukey, a um nível de significância de 5%, para a matéria orgânica ($p = 0,036$), para o pH ($p = 0,031$), para o grau de saturação em bases ($p = 0,006$) e para o magnésio trocável ($p = 0,003$).

III.4.2.6 Taxa de evolução média das características químicas médias do solo das áreas em estudo, entre 2007 e 2009

O estudo estatístico realizado permitiu saber quais os parâmetros químicos do solo e quais os talhões que sofreram uma evolução no solo, ao longo do tempo. Contudo, não é possível verificar de forma clara quais os parâmetros e os talhões em estudo que registaram uma taxa de evolução superior, ou vice-versa, e, consequentemente, verificar, de forma mais explícita, o efeito da introdução de leguminosas e novas técnicas de manejo na fertilidade do solo.

Neste contexto, na Tabela 17 está apresentada a taxa de evolução observada desde o início da actividade experimental até ao final da mesma, ou seja, de 2007 para 2009, para a matéria orgânica, pH em CaCl_2 , grau de saturação em bases, $\text{CTC}_{\text{total}}$ e macronutrientes do solo, nos talhões controlo, experimentais e de referência das UP's Boa Vontade e São João.

Tabela 17: Taxa de evolução (em percentagem) da fertilidade do solo entre 2007 e 2009, para os talhões controlo, experimentais e referência das UP's [Sítios] Boa Vontade e São João.

	Talhão A Controlo	Talhão B Tratamento	Talhão D Controlo	Talhão C Tratamento	Talhão F Floresta	Talhão E Pastagem
Matéria Orgânica	63,7	73,6	48,2	90,6	27,3	15,8
pH	3,8	3,8	3,8	3,8	6,8	3,9
CTC	29,5	39,7	26,7	43,1	7,4	6,0
GSB	8,3	-0,8	14,1	13,2	35,4	11,9
P disponível	125,4	112,9	49,9	54,2	101,9	75,3
K⁺ disponível	45,6	60,9	-19,4	11,6	36,0	-16,0
Ca²⁺ trocável	37,8	33,0	49,0	59,6	44,6	19,0
Mg²⁺ trocável	37,7	58,1	73,2	127,6	55,0	20,0

De acordo com a Tabela 17, constata-se, mais uma vez, que ocorreu uma evolução crescente da fertilidade do solo em todos os talhões (controlo, experimentais e referência), excepto para o grau de saturação em bases, no talhão experimental B, e para o potássio disponível, no talhão controlo D e na área de pastagem (talhão E), que diminuíram de 2007 para 2009.

Na UP [Sítio] Boa Vontade, o aumento na fertilidade do solo foi ligeiramente superior para o talhão experimental B, comparativamente com o talhão controlo A, para grande parte dos parâmetros analisados. Exceptua-se o pH, que apresentou a mesma taxa de aumento para ambos os talhões desta UP, o GSB, que registou uma taxa de evolução inversa entre os talhões, ou seja, aumentou de 2007 para 2009 no talhão controlo A, mas diminuiu no talhão experimental B, e o fósforo disponível e cálcio trocável que indicaram uma taxa de aumento superior para o talhão controlo A.

No que respeita à UP [Sítio] São João, o aumento na fertilidade do solo observado foi superior para o talhão experimental C, tal como aconteceu na UP Boa Vontade, para quase todos os parâmetros analisados. Foi excepção o GSB, que apresentou uma taxa de aumento ligeiramente inferior para o talhão experimental C, devido ao aumento da acidez potencial de 2007 para 2009 neste talhão (no talhão controlo D, a acidez potencial diminuiu entre 2007 e 2009) (ver Tabela 2 do Anexo II). Tal como aconteceu na UP Boa Vontade, o pH apresentou a mesma taxa de aumento para ambos os talhões desta UP.

Comparando a área de floresta (talhão F) com os talhões experimentais, verifica-se também que a taxa de aumento foi superior para os segundos, relativamente à matéria orgânica, CTC e magnésio trocável. Quanto ao cálcio trocável, a taxa de aumento deste nutriente foi superior no talhão F comparativamente com ambos os talhões da UP [Sítio] Boa Vontade, mas inferior aos da UP [Sítio] São João. Por sua vez, a taxa de aumento do potássio e do fósforo disponíveis foi superior na área de floresta (talhão F) comparativamente a ambos os talhões da UP [Sítio] São João (o potássio disponível diminuiu no talhão controlo D), mas foi inferior aos talhões da UP [Sítio] Boa Vontade. Relativamente ao magnésio trocável, a taxa de aumento foi inferior no talhão controlo A, comparativamente com a área de floresta, mas os restantes talhões apresentaram um aumento superior comparativamente ao talhão F.

Relativamente à área de pastagem (talhão E), esta apresentou uma taxa de aumento sempre inferior, quer aos talhões controlo, quer aos talhões experimentais, relativamente à matéria orgânica, à CTC e ao cálcio e magnésio trocáveis. No que respeita ao pH, a taxa de aumento foi sempre superior no talhão E, comparativamente com os talhões controlo e experimentais de ambas as UP's. O GSB apresentou uma taxa de aumento superior para o talhão E, comparativamente a ambos os talhões da UP Boa Vontade (este parâmetro diminuiu de 2007 para 2009 no talhão experimental B, como já foi referido anteriormente), mas inferior comparativamente a ambos os talhões da UP São João. O fósforo e o potássio disponíveis apresentaram uma taxa de aumento

inferior no talhão E, quando comparados com ambos os talhões da UP Boa Vontade. Comparativamente aos talhões da UP São João, o fósforo disponível apresentou uma taxa de aumento superior no talhão E e o potássio disponível indicou uma taxa de aumento inferior para o talhão E, comparativamente ao talhão experimental C. Este último parâmetro referido, ou seja, o potássio disponível, diminuiu de 2007 para 2009, quer no talhão E, quer no talhão controlo D, mas com uma taxa de diminuição superior para o talhão controlo D. Comparando os talhões de referência E (pastagem) e F (floresta), a taxa de aumento foi sempre superior para o talhão F (área de floresta nativa), para todos os parâmetros analisados. As variações na área de pastagem (talhão E) foram mínimas (apenas mais acentuadas para o fósforo disponível), comprovando-se, deste modo, o estudo estatístico obtido, ou seja, que esta área manteve uma fertilidade mais ou menos constante ao longo do tempo, devido, em princípio, às suas características hidromórficas.

Em termos médios, verifica-se, assim, que a fertilidade dos solos foi ligeiramente superior nos talhões experimentais comparativamente aos talhões controlo, com maior evidência entre os talhões da UP [Sítio] São João. A taxa de aumento superior e mais evidente no talhão experimental C, quando comparado com o talhão controlo D, e comparando a menor diferença entre os talhões controlo A e experimental B, dever-se-á sobretudo ao facto de o agricultor da UP São João ter mantido de forma mais acentuada as práticas agrícolas tradicionais (o mesmo não se verificou no agricultor da UP Boa Vontade, que foi alterando as suas práticas de manejo do solo de acordo com o que foi apreendendo ao longo da intervenção dos investigadores do projecto Guyagrofor na área de estudo).

Pode-se, assim, afirmar que a introdução de leguminosas e técnicas de manejo implementadas terão surtido um efeito ligeiramente superior na fertilidade dos SAF's, principalmente no que respeita ao teor de matéria orgânica, CTC e magnésio trocável.

Capítulo IV. Avaliação da estratégia de manejo implementada

Como referido, o principal objecto de estudo deste trabalho consistiu no estudo da fertilidade do solo através da monitorização das características químicas do solo, entre 2007 e 2009, para avaliar o efeito da introdução de leguminosas de ciclo curto nos quintais agro-florestais em estudo, assim como a alteração de práticas de manejo do solo.

Entre 2007 e 2009, duas espécies de leguminosas de ciclo curto (feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)) foram semeadas todos os anos, no início da época de chuvas, e podadas quando estas atingiam um crescimento considerado favorável (ou seja, quando atingiam a sua altura máxima e antes de iniciarem a frutificação). A biomassa resultante da poda era deixada a decompôr no solo com o objectivo de enriquecer o solo em nutrientes.

De acordo com os resultados obtidos e apresentados no sub-capítulo III.4.1, o quintal agro-florestal da UP [Sítio] São João representa um sistema mais complexo, com uma diversidade e quantidade de espécies e indivíduos por espécie superior ao quintal agro-florestal da UP [Sítio] Boa Vontade. Além do SAF da UP [Sítio] São João ser de maiores dimensões, este facto reflecte, também, o que foi observado no terreno, ou seja, que a família da UP [Sítio] São João tem um maior interesse na prática e desenvolvimento de SAF's, sobretudo de espécies frutíferas e madeiras, quer para o seu auto-sustento, quer numa perspectiva de mercado. Este maior interesse deve-se, também, à ausência de recursos financeiros (sobretudo de origem governamental) e à quase escassa prática de venda de mão-de-obra por conta de outrem por parte desta família, necessitando, assim, de encontrar outros meios para obter um rendimento familiar. Ainda neste contexto, os talhões experimentais de ambas as UP's apresentaram sempre uma diversidade superior, comparativamente aos talhões controlo. Os estratos dominantes, de acordo com o número de espécies presentes nestes SAF's, foram o arbustivo, arbóreo em fase inicial de crescimento (devido à plantação de mudas) e arbóreo, para o caso da UP [Sítio] Boa Vontade, e o estrato arbóreo em fase inicial de crescimento, para o caso da UP [Sítio] São João.

No que respeita às características químicas do solo, os resultados obtidos indicam que a qualidade inicial do solo das áreas experimentais em estudo é bastante idêntica em ambas as UP's. No entanto, em ambas as UP's, os talhões controlo apresentaram uma qualidade inicial do solo melhor que os respectivos talhões experimentais, para a maioria dos parâmetros analisados, mas inferior aos talhões referência no que respeita ao teor de matéria orgânica, CTC e magnésio trocável. No

entanto, os quintais agro-florestais apresentaram uma qualidade do solo melhor que as áreas de referência, no que respeita ao GSB. A área de floresta nativa apresentou os piores valores para a maioria dos macronutrientes do solo (foi excepção o magnésio trocável), facto que se deve, sobretudo, ao baixo pH e à presença de alumínio trocável (ver Tabela 3 do Anexo I).

Comparando os dados iniciais de 2007 com os dados finais de 2009 (de acordo com a Tabela 16), conclui-se que o talhão controlo A evoluiu, em termos médios, de uma qualidade do solo média para média-alta, o talhão experimental B de uma qualidade do solo, em média, baixa-média para média-alta, o talhão controlo D de uma qualidade, em média, média-baixa para média, o talhão experimental C de uma qualidade, em média, média-baixa para média-alta e o talhão referência E de uma qualidade, em média, média-baixa para média. O talhão referência F manteve-se mais ou menos constante com uma qualidade do solo, em média, média-baixa, quer no início, quer no final da actividade experimental desenvolvida, embora também tenha evoluído positivamente de 2007 para 2009 para todos os parâmetros analisados. De acordo com esta análise generalizada e tendo apenas em conta a evolução qualitativa (em termos de classes de fertilidade), poder-se-ia dizer que, ainda assim, ocorreu uma maior evolução positiva nos talhões experimentais de ambas as UP's, o que poderá indicar que a introdução de leguminosas nos SAF's poderá estar a surtir efeitos na fertilidade do solo de forma relativamente lenta.

Em termos de evolução da fertilidade do solo de 2007 até 2009 (de acordo com a tabela 17), todos os talhões indicaram uma evolução crescente para a maioria dos parâmetros analisados (foi excepção o GSB no talhão experimental B e o potássio disponível no talhão controlo D e no talhão E, que apresentaram uma evolução decrescente), mesmo que esta não tenha sido significativa ou sempre crescente de amostragem para amostragem, indicando que a introdução de leguminosas não foi o único factor influenciador desta evolução positiva. No entanto, em termos médios, verificou-se que a fertilidade dos solos foi ligeiramente superior nos talhões experimentais, comparativamente aos talhões controlo, com maior evidência entre os talhões da UP [Sítio] São João. Este facto mostra, mais uma vez, que a introdução de leguminosas e técnicas de manejo implementadas terão surtido um efeito ligeiramente superior na fertilidade dos SAF's.

De acordo com o estudo estatístico realizado, relativamente à variação espaço-temporal, a ausência de diferenças significativas entre os talhões controlo e experimentais para a maioria dos parâmetros analisados, pelo menos em 2009, e sabendo que ocorreu uma evolução crescente ao longo do tempo para a maioria dos parâmetros analisados (exceptua-se o potássio disponível para o talhão

controle D que diminuiu ao longo do tempo e o GSB para o talhão experimental B que oscilou ao longo do tempo, apresentando uma linha de tendência ligeiramente decrescente) indica que vários factores estarão na origem desta evolução positiva, resultando numa melhoria da fertilidade do solo mais ou menos paralela entre eles para as condições actuais. Apenas alguns parâmetros (pH, GSB e cálcio e magnésio trocáveis) registaram diferenças significativas entre os talhões, na UP [Sítio] Boa Vontade, e nas amostragens de 2008 (época seca), com teores mais elevados para o talhão controle A, que se apresentava com uma cobertura por manta morta superior na metade esquerda do talhão neste período – a poda das leguminosas tinha sido realizada em Março de 2008, logo o efeito da manta morta existente no talhão A, fruto da capina e poda de limpeza realizada no início de Maio de 2008, estaria a surtir um efeito superior. Na UP [Sítio] São João, apenas o potássio disponível apresentou diferenças significativas entre os talhões para as duas últimas amostragens realizadas, fruto do aumento deste nutriente no talhão experimental C e diminuição do mesmo no talhão controle D. Como apenas o potássio registou esta diferença significativa, não é possível referir, com certeza, que este comportamento se deveu à introdução de leguminosas e respectivas alterações de manejo do solo. Também se verificaram diferenças significativas para o fósforo disponível entre os talhões, mas como ocorreu para todas as amostragens realizadas, indica-nos que esta condição já existia desde o início da actividade experimental.

No que respeita à variação temporal para cada talhão, apenas a matéria orgânica, a CTC e o magnésio trocável apresentaram aumentos significativos das primeiras amostragens para as últimas, em especial de 2007 para 2009, e apenas os talhões controle e experimentais (a área de floresta nativa indicou um aumento significativo para a matéria orgânica de Maio de 2008 para Abril de 2009). O fósforo disponível apresentou um aumento significativo apenas para o talhão controle A, o potássio para o talhão experimental B (também para o talhão controle A, mas de Maio de 2008 para Abril de 2009) e o cálcio trocável para o talhão experimental C. Todas as restantes variações significativas observadas ocorreram entre as amostragens de 2008 e/ou de Julho de 2008 para Abril de 2009. O talhão E nunca registou diferenças significativas ao longo do tempo (ainda que tenha apresentado uma evolução, regra geral, positiva na sua fertilidade) devido, em princípio, às características hidromórficas deste solo. Perante os resultados obtidos para cada talhão, poder-se-á afirmar que o principal factor que influenciou a evolução maioritariamente positiva, quer para os talhões controle, quer para os talhões experimentais, foi a alteração das práticas de manejo do solo no que respeita a uma maior cobertura do solo por manta morta, quer nos talhões controle devido à mudança gradual de atitude por parte dos agricultores (sobretudo do agricultor da UP [Sítio] Boa

Vontade), quer nos talhões experimentais devido à experiência implementada, situação que teve maior impacto no teor de matéria orgânica do solo e na CTC. Factores externos também terão estado na origem deste aumento da fertilidade do solo, ao longo do tempo, nomeadamente o clima, que foi mais seco em 2007 e, também, em 2008, segundo alguns testemunhos.

Em suma, considerando os teores médios para cada talhão, o estudo estatístico realizado, a taxa de aumento da fertilidade do solo para cada talhão e tendo presente os mapas de simulação de distribuição espacial apresentados no sub-capítulo III.4.2, podemos afirmar que, tanto a introdução de leguminosas e as técnicas de manejo associadas à utilização destas espécies fixadoras de azoto, como a mudança gradual de atitude por parte dos agricultores nos talhões controlo através da extinção da queima dos resíduos orgânicos de qualquer origem e introdução destes mesmos resíduos nas áreas em estudo (sobretudo por parte do agricultor da UP [Sítio] Boa Vontade), influenciaram a evolução da fertilidade destes SAF's, embora com um efeito ligeiramente superior nos talhões experimentais. No entanto, estes não terão sido os únicos factores a influenciar a fertilidade do solo, uma vez que as áreas de referência apresentaram igualmente uma evolução da sua fertilidade, ao longo do período experimental (sobretudo a área de floresta nativa), acreditando-se que o clima terá sido também um factor importante a ter em conta, uma vez que testemunhos referem que os anos de 2007 e 2008 foram anos mais secos que o normal.

Perante os resultados obtidos, conclui-se também que a recuperação de áreas degradadas (pelo uso agrícola, pela pastorícia e/ou pela má gestão das mesmas), através do recurso a SAF's, leva o solo a evoluir para patamares mais elevados de matéria orgânica (tendo presente que a conversão de solos florestais em áreas agrícolas conduz a uma perda de matéria orgânica mais acentuada, atingindo-se um novo equilíbrio num patamar mais baixo), acreditando-se que poderá atingir os valores característicos das áreas de floresta nativa, embora de forma bastante lenta.

É muito importante referir, assim, que o tempo de duração da actividade experimental (2,5 anos) foi insuficiente para que se pudessem verificar efeitos consideravelmente significativos e claros com a introdução de leguminosas e de novas técnicas de manejo nos SAF's.

Conclusões e recomendações

Os sistemas agro-florestais são uma ferramenta de combate à perda da fertilidade dos solos e à desflorestação da floresta tropical amazónica e que é cada vez mais utilizada no Brasil, sobretudo numa base de agricultura familiar. A introdução de leguminosas nos SAF's é igualmente uma prática cada vez mais comum e vários estudos têm sido realizados neste sentido por entidades brasileiras.

Neste sentido, este estudo pretendeu verificar se a introdução de leguminosas de ciclo curto nos quintais agro-florestais de duas famílias da comunidade quilombola do Boqueirão, no município de Vila Bela da Santíssima Trindade, no estado de Mato Grosso, Brasil, induziram efeitos positivos significativos na fertilidade do solo.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que ocorreu, de uma forma geral, uma melhoria na fertilidade dos SAF's estudados, ao longo do período experimental, de 2007 até 2009. No entanto, este aumento na fertilidade do solo verificou-se, quer nos talhões controlo, quer nos talhões experimentais, quer nos talhões referência, indicando que factores externos influenciaram a melhoria da qualidade do solo, nomeadamente o clima. Apesar disso, em termos médios, esta melhoria foi ligeiramente mais acentuada para os talhões experimentais de ambas as UP's em estudo, mas com maior evidência na UP São João, indicando que a introdução de leguminosas e de diferentes técnicas de manejo do solo poderão estar a surtir efeitos mais acentuados na fertilidade do solo, ainda que de forma bastante lenta.

As diferenças pouco significativas observadas entre os talhões controlo e experimentais, sobretudo para o caso da UP Boa Vontade, estarão associadas, principalmente, a mudanças graduais na atitude na forma de manejo do solo, por parte dos agricultores, sobretudo no que respeita à inclusão cada vez mais frequente e constante de resíduos orgânicos externos ao SAF em estudo, incluindo nos talhões controlo, à realização de capinas com enxada menos frequentes (mais para o caso da UP Boa Vontade) e ao facto de os resíduos orgânicos resultantes da capina e das podas de limpeza das plantas serem deixadas a decompôr no solo, práticas que não eram comuns (estes resíduos orgânicos eram geralmente queimados) e que começaram a fazer parte da prática agrícola comum destes agricultores, fruto da influência do trabalho participativo realizado junto dos mesmos.

Conclui-se, também, que o recurso a SAF's, à introdução de leguminosas e à alteração das técnicas de manejo do solo, sobretudo no que respeita a uma maior biodiversidade de plantas no sistema e a uma maior cobertura viva e morta do solo, conduzem à recuperação de áreas degradadas e dos quintais agro-florestais tradicionais (objecto de estudo deste trabalho). De igual forma, permite que o

solo evolua para concentrações mais elevadas de matéria orgânica, acreditando-se que poderá atingir os valores característicos das áreas de floresta nativa, embora de forma bastante lenta (deve ter-se sempre presente que a conversão de solos florestais em áreas agrícolas conduz a uma perda de matéria orgânica mais acentuada, atingindo-se um novo equilíbrio num patamar mais baixo).

É importante referir que o tempo de duração da actividade experimental (2,5 anos) foi insuficiente para que se obtivesse uma resposta mais significativa e clara das técnicas introduzidas na fertilidade do solo. Recomenda-se, assim, a continuação deste trabalho junto destas famílias, durante mais alguns anos, de forma a verificar e confirmar os efeitos da introdução de leguminosas e alteração das técnicas de manejo, que se acreditam ser significativos, na fertilidade do solo, uma vez que as melhorias de fertilidade destes se observaram ligeiramente superiores nas áreas experimentais para a maioria dos parâmetros analisados. Experiências com outras espécies de leguminosas fixadoras de azoto também se poderiam realizar futuramente, nomeadamente a *Gliricidea sepium*, a *Erythrina poeppigiana*, a *Clitoria fairchildiana* (palheteira), entre outras, de forma a averiguar quais as espécies de leguminosas mais adequadas para o incremento da fertilidade destes solos e às condições edafo-climáticas desta região.

Estudos mais aprofundados das características químicas da manta morta existente em áreas de floresta nativa e inclusive da folhada das espécies dominantes de dado ecossistema florestal virgem seriam importantes, pois seria assim possível comparar a concentração de nutrientes destes materiais orgânicos com as das espécies leguminosas (das quais já existem alguns estudos) e compreender melhor os processos envolventes para promover a melhoria da fertilidade dos solos e, consequentemente, conseguir uma maior produção e menor desflorestação de áreas nativas.

Acredita-se que o recurso a SAF's, pelo menos em agricultura familiar, poderá ter efeitos significativos no rendimento familiar destas pessoas, podendo alargar-se a uma visão de mercado no futuro e conseguindo, desta forma, diminuir a desflorestação de áreas de floresta nativa e recuperar áreas degradadas anteriormente abertas e utilizadas para agricultura ou pastagem, com aproveitamento económico. O incentivo à produção de geleias, doces, óleo de babaçu, polpa de frutos para sumos naturais, entre outros, e a criação de uma cooperativa para o processamento dos produtos e para a sua venda, através da criação de novos projectos financiadores (governamentais ou independentes), poderiam igualmente promover o aumento das áreas de SAF's que, por sua vez, poderiam incentivar à redução da criação de gado e, consequentemente, diminuir a necessidade de áreas de pasto e, assim, contribuir para o combate à desflorestação.

Bibliografia

ALMEIDA, L. (2005). **Análise e descrição do potencial ecoturístico: Vertente Cultural nas comunidades Quilombolas do Projecto Guyagrofor**. Relatório de estágio II. Instituto Politécnico de Coimbra - Escola Superior Agrária, Coimbra.

AMABILE, R. F., CORREIA, J. R., FREITAS, P. L., BLANCANEUX, P., GAMALIEL, J. (1994). **Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, ago. 1994. v.29, n.8, p.1193-1199.

ALVAREZ, V.H.V., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., CANTARUTTI, R.B., LOPES, A.S. (1999). *Interpretação dos resultados das análises de solo*. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ, V.H.V. (eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

BARROZO, J. C. (organizador) (2008). **Mato Grosso do sonho à utopia da terra**. Cuiabá-MT: EdUFMT – Editora da Universidade Federal de Mato Grosso e Carlini & Caniato Editorial. ISBN: 978-85-327-0278-4 e 978-85-99146-53-8

BENTO, C. P. M. (2006). **Estudo da fertilidade dos solos das comunidades quilombolas de Retiro e Boqueirão**. Relatório de Estágio II. Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra.

BRIDGES, E. M. (1997). **World Soils**. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 0 521 49777 9.

BUTLER, R. A. (2007). **Onde as florestas tropicais úmidas estão localizadas?** Mongabay.com.

CARAZZA, F. (2006). **Fumaça condensada produz fertilizante**. Minas Gerais: Conselho Regional de Química de Minas Gerais.

CARVALHO, M. A. C., SORATTO, R. P., ATHAYDE, M. L. F., ARF, O., SÁ, M. E. (2004). **Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, jan. 2004. v.39, n.1, p. 47-53.

CERQUEIRA, J. (2001). **Solos e Clima em Portugal**. 2ª edição. Lisboa: Clássica Editora. ISBN: 972-561-324-4.

CHADA, S. S., CAMPELLO, E. F. C., FARIA, S. M. (2004). **Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ**. Revista Árvore, Viçosa-MG, vol.28, n.6, pp. 801-809.

COSTA, J. B. (1999). **Caracterização e constituição do solo**. 6ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 972-31-0073-8.

COSTA, C., RESENDE, M. (1994). **Guiné-Bissau: o ambiente agrícola, o Homem e o uso da terra**. 1ª edição. Porto: Clássica Editora. ISBN: 972-561-254-X.

EMBRAPA (1997). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo - CNPS. ISBN: 85-85864-03-6.

ENGEL, V. L. (1999). *Sistemas Agroflorestais: Conceitos e Aplicações*. In ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF.

ESAC/UFMT (2008). **Deliverable 21: Data sets per field trial**. Sixth Framework Programme Priority [A.2.1]: Managing Humid and Semi-humid Ecosystems: Guyagrofor – ESAC/UFMT, Nov. 2008.

FAO (2001). **Global Forest Resources Assessment 2000 – Main report**. (FRA 2000) FAO Forestry Paper 140. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISSN: 0258-6150.

FAO (2003). **State of the World's Forests 2003**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

FAO (2005). **Global Forest Resources Assessment: Country Reports – Brazil**. (FRA 2005/148) Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

FAO (2006). **Global Forest Resources Assessment 2005 – Progress towards sustainable forest management**. (FRA 2005) FAO Forestry Paper 147. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN: 92-5-105481-9.

FAO (2009). **State of the World's Forests 2009**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN: 978-92-5-106057-5.

FÁVERO, C., LOVO, I. C., MENDONÇA, E. S. (2008). **Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. Revista Árvore, Viçosa-MG, vol.32, n.5, pp. 861-868. ISSN 0100-6762.

FERNANDES, E. C. M., NAIR, P. K. R. (1986). **An evaluation of the structure and function of tropical homegardens**. Agricultural Systems, Elsevier, vol. 21 (4), p. 279-310.

FERREIRA, A. D., MORAIS, P., CASTANHEIRA, É., CARREIRAS, M., BENTO, C., PALHAS, J. (2006). **ESAC 2nd year synthesis report: 1st November 2005 – 31st October 2006**. Sixth Framework Programme Priority [A.2.1]: Managing Humid and Semi-humid Ecosystems: Guyagrofor: ESAC.

FREIRE, F. M., PITTA, G. V. E., ALVES, V. M. C., FRANÇA, G. E., COELHO, A. M. (2000). **Fertilidade de solos: Interpretação de análise do solo**. Brasil: EMBRAPA. [Consult. a 20.Out.2006]. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/feranalise.htm>.

GARCIA, R. (2004). **Sobre a Terra – Um guia para quem lê e escreve sobre ambiente**. Lisboa: PÚBLICO – Comunicação Social, SA, Março de 2004. ISBN 972-8179-85-5

GOVERNO FEDERAL (2005-2007). **República Federativa do Brasil: O País**. [Consult. a 01.Ago.2009]. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/pais/>.

GUYAGROFOR (2004). **Contract for: Specific Targeted Research or innovation project – Annex I – “Description of work”**. Sixth Framework Programme Priority [A.2.1]: Managing Humid and Semi-humid Ecosystems, February 2004.

IBGE (2004). **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 21 de Maio de 2004. [Consult. a 01.Ago.2009]. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169.

IBGE (s.d.). **IBGE Estados@ - Mato Grosso (Síntese) e IBGE Cidades@ - Mato Grosso: Vila Bela da Santíssima Trindade - MT**. [Consult. a 15.Out.2009]. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.

INIA (2000). **Manual de fertilização das culturas**. Lisboa: INIA - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva.

INMET (2007). **Normais Climatológicas (1961-1990): 83405 – Cáceres**. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 9º Distrito de Meteorologia. 14/03/2007. Cedido pelo INMET.

INPE (2009). **Notícias: INPE estima 7.008 km² de desmatamento por corte raso na Amazônia**. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 12/11/2009. [Consult. a 14.Nov.2009]. Disponível em http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2023.

INPE (s. d.). **PROJETO PRODES: Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Ministério da Ciência e Tecnologia, INPE, Coordenação-Geral de Observação da Terra – OBT. [Consult. a 14.Nov.2009]. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/>.

JUHÁSZ, C. E. P., CURSI, P. R., COOPER, M., OLIVEIRA, T. C., ROFRIGUES, R. R. (2006). **Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob Savana Florestada (Cerradão) em Assis, SP**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Junho 2006, vol. 30, nº 3, p. 401-412. ISSN 0100-0683.

LEPSCH, I. F. (1993). **Solos: formação e conservação**. 5ª edição. S. Paulo: Melhoramentos. ISBN: 85-06-01696-7.

LOPES, A. S., GUILHERME, L. R. G. (1992). **Interpretação de análise do solo: Conceitos e Aplicações. Boletim Técnico nº 2**. S. Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos.

MAROCO, J. (2007). **Análise Estatística – Com Utilização do SPSS**. 3ª edição. Lisboa: Edições Sílabo, Lda. ISBN 978-972-618-452-2.

MARTINEZ, L. F., FERREIRA, A. I. (2008). **Análise de Dados com SPSS – Primeiros Passos**. 2ª edição. Lisboa: Escolar Editora. ISBN 978-972-592-235-4.

MAY, P. H. (coord.), TROVATTO, C. M. M. (coord.), DEITENBACH, A. (org.), FLORIANI, G. S. (org.), DUBOIS, J. C. L. (org.), VIVAN, J. L. (org.) (2008). **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Outubro de 2008. ISBN 978-85-60548-42-2.

MENDES, R. R. (2009). **Experiências Agroflorestais na Comunidade de Boqueirão, Vila Bela da Santíssima Trindade – MT**. K. U. Leuven-Belgium: Vth International GUYAGROFOR Final Workshop, 1-4 September 2009.

MIRANDA, L., AMORIM, L. (2001). **Mato Grosso: Atlas Geográfico**. 1ª edição. Cuiabá-MT: Entrelinhas Editora, Janeiro de 2001. ISBN 85-87226-02-9.

MORENO, G., HIGA, T. C. S. (organizadoras) (2005). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá-MT: Entrelinhas Editora. ISBN 85-87226-34-7.

NAIR, P. K. R. (2006). *Whither homegardens?* In: KUMAR, B. M., NAIR, P. K. R. (Eds.). **Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry**. Springer. p. 355-370.

ODUM, E. P. (2001). **Fundamentos de ecologia**. 6ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 972-31-0158-X.

PENEIREIRO, F. M. (2007). **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão natural (...um pouco sobre os fundamentos do manejo praticado por Ernst Götsch...)**. Rio Branco-AC: Escola da Floresta, 12 de Maio de 2007.

PENEIREIRO, F. M., RODRIGUES, F. Q., BRILHANTE, M. O., LUDWIGS, T. (s. d.). **Apostila do Educador Agroflorestal: Introdução aos Sistemas Agroflorestais – Um guia técnico**. Desenvolvido pelo Arboreto, Setor do Parque Zoológico da Universidade Federal do Acre.

PEREIRA, A. (2008). **Guia Prático de Utilização do SPSS – Análise de Dados para Ciências Sociais e Psicologia**. 7ª edição. Lisboa: Edições Sílabo, Lda. ISBN 978-972-618-510-9.

PINHO, R. C. (2008). **Quintais Agroflorestais Indígenas em área de savana (Lavrado) na Terra Indígena Araçá, Roraima**. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais, área de concentração em Sistemas Agroflorestais. Manaus-AM: INPA/UFAM, Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais.

RAIJ, B., QUAGGIO, A. J., CANTARELLA, H., ABREU, C. A. (1996). *Interpretação de análise de solo*. In: RAIJ, B., CANTARELLA, H., QUAGGIO, A.J., FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.edição. Campinas: IAC, 1996. p.8-13. (Boletim Técnico, 100).

RICKLEFS, R. E. (1996). **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A.

ROSS, J. L. S. (org.) (1996). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EdUSP.

SANTOS, J. Q. (1996). **Fertilização: Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos**. 2ª edição. Mem-Martins: Publicações Europa-América. ISBN: 972-1-00949-0.

SILVA, G. T. A., OLIVEIRA, W. R. D. de, MATOS, L. V., NÓBREGA, P. O., KRAINOVIC, P. M., CAMPELLO, E. F. C., FRANCO, A. A., RESENDE, A. S. de (2007). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 21 – Correlação entre a Composição Química e a Velocidade de Decomposição de Plantas para Adubação Verde visando a Elaboração de uma base de dados**. Seropédica – RJ: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Julho/2007. ISSN 1676-6709.

SOARES, A. H. V., SILVA, C. A., ZAMBALDE, A. L. (2004). **Ceres_{Séfs}: Um sistema especialista para o cálculo da necessidade de calagem e da recomendação de corretivo**. Lavras-MG: Ufla -Universidade Federal de Lavras, DCC - Departamento de Ciência da Computação.

UFMT (2005a). **Deliverable 3: (General) Information on type of crops cultivated, cultivation periods and crop yields**. Sixth Framework Programme Priority [A.2.1]: Managing Humid and Semi-humid Ecosystems: Guyagrofor: UFMT, October/2005.

UFMT (2005b). **Deliverable 4a – general information on farmers’ history concerning environmental management, fertilisers and pesticides use, ecological and biodiversity indicators, limitations and opportunities.** Sixth Framework Programme Priority [A.2.1]: Managing Humid and Semi-humid Ecosystems: Guyagrofor: UFMT, 31st October 2005.

UFMT (2006). **Deliverable 12: Synthesis Biophysical, economical and institutional data sets for each country: Final Village Selection- Deliverable 1.** Sixth Framework Programme Priority [A.2.1]: Managing Humid and Semi-humid Ecosystems: Guyagrofor, 4 December 2006.

VARENNES, A. (2003). **Produtividade dos Solos e Ambiente.** Lisboa: Escolar Editora. ISBN: 972-592-156-9.

VETTORATO, J. A. (2003). **Mapeamento da fertilidade do solo utilizando sistema de informação geográfica.** Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura. Botucatu-SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas, Câmpus de Botucatu, Fevereiro - 2003.

YOUNG, A. (1991). **Agroforestry for soil conservation.** Wallingford: CAB International, 275p.. (ICRAF Science and Practice of Agroforestry, n.4).

Glossário

Campo (nativo): áreas de savana/cerrado cobertas, maioritariamente, por gramíneas; savana gramíneo-lenhosa.

Capinar: o mesmo que sachar.

Capoeira: área de pousio, isto é, área que foi utilizada para a agricultura por alguns anos e se encontra abandonada ou em recuperação.

Cerradão: formação florestal densa do bioma cerrado, também conhecido por “mata alta” ou “ilhas florestais”; savana florestada.

Corte raso: remoção total da cobertura vegetal.

Mata Alta: área de floresta tropical densa, com presença de árvores de grande porte e, muitas delas, com interesse económico; área considerada primária ou virgem, isto é, floresta de espécies nativas, na qual não se observam vestígios visíveis e claros de intervenção humana e onde os processos ecológicos não são significativamente perturbados.

Processo de grilagem: processo de posse ilegal de “terras devolutas”, através da falsificação de documentos.

Quilombola: nome dado aos afro-descendentes dos ex-escravos negros, que formaram comunidades viáveis, muitas vezes isoladas no interior da floresta.

Roça: nome dado às áreas utilizadas para a agricultura, ou seja, o mesmo que área agrícola.

Sítio: nome dado a uma propriedade rural, frequentemente usada para lazer ou agro-pecuária, e que é, geralmente, menor que uma fazenda; equivale, em Portugal, a uma quinta.

Terras devolutas: propriedades que nunca pertenceram a uma entidade particular, mesmo estando ocupadas.

Anexos

Anexo I: Tabelas de dados relativas ao alumínio trocável, nos talhões controle, experimentais e de referência, das UP's Boa Vontade e São João, para as campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009.

Tabela 1: Resultados obtidos para o alumínio trocável nos talhões controle A e experimental B da UP Boa Vontade, nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007				MAIO 2008				JULHO 2008				ABRIL 2009			
Talhão A (Controle)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão B (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão A (Controle)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão B (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão A (Controle)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão B (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão A (Controle)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão B (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)
A1	0,0	B1	0,0	A1.1	0,0	B1.1	0,0	A1.1	0,0	B1.1	0,0	A1.1	0,0	B1.1	0,0
A2	0,0	B2	0,0	A1.10	0,0	B1.10	0,0	A1.10	0,0	B1.10	0,0	A1.10	0,0	B1.10	0,0
A3	0,0	B3	0,0	A2.1	0,0	B2.1	0,0	A2.1	0,0	B2.1	0,0	A2.1	0,0	B2.1	0,0
A4	0,0	B4	0,0	A2.10	0,0	B2.10	0,0	A2.10	0,0	B2.10	0,0	A2.10	0,0	B2.10	0,0
A5	0,0	B5	0,0	A3.1	0,0	B3.1	0,0	A3.1	0,0	B3.1	0,0	A3.1	0,0	B3.1	0,0
A6	0,0	B6	0,0	A3.10	0,0	B3.10	0,0	A3.10	0,0	B3.10	0,0	A3.10	0,0	B3.10	0,0
A7	0,0	B7	0,0	A4.1	0,0	B4.1	0,0	A4.1	0,0	B4.1	0,0	A4.1	0,0	B4.1	0,0
A8	0,0	B8	0,0	A4.10	0,0	B4.10	0,0	A4.10	0,0	B4.10	0,0	A4.10	0,0	B4.10	0,0
A9	0,0	B9	0,0	A5.1	0,0	B5.1	0,0	A5.1	0,0	B5.1	0,0	A5.1	0,0	B5.1	0,0
Média	0,0	Média	0,0	A5.10	0,0	B5.10	0,0	A5.10	0,0	B5.10	0,0	A5.10	0,0	B5.10	0,0
Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0	A6.1	0,0	B6.1	0,0	A6.1	0,0	B6.1	0,0	A6.1	0,0	B6.1	0,0
				A6.10	0,0	B6.10	0,0	A6.10	0,0	B6.10	0,0	A6.10	0,0	B6.10	0,0
				A7.1	0,0	B7.1	0,0	A7.1	0,0	B7.1	0,0	A7.1	0,0	B7.1	0,0
				A7.10	0,0	B7.10	0,0	A7.10	0,0	B7.10	0,0	A7.10	0,0	B7.10	0,0
				A8.1	0,0	B8.1	0,0	A8.1	0,0	B8.1	0,0	A8.1	0,0	B8.1	0,0
				A8.10	0,0	B8.10	0,0	A8.10	0,0	B8.10	0,0	A8.10	0,0	B8.10	0,0
				A9.1	0,0	B9.1	0,0	A9.1	0,0	B9.1	0,0	A9.1	0,0	B9.1	0,0
				A9.10	0,0	B9.10	0,0	A9.10	0,0	B9.10	0,0	A9.10	0,0	B9.10	0,0
				Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0
				Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0

Tabela 2: Resultados obtidos para o alumínio trocável nos talhões controle D e experimental C da UP São João, nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007				MAIO 2008				JULHO 2008				ABRIL 2009			
Talhão D (Controlo)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão D (Controlo)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão D (Controlo)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão D (Controlo)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)
D1	0,0	C1	0,2	D1.1	0,0	C1.2	0,0	D1.1	0,0	C1.2	0,0	D1.1	0,0	C1.2	0,0
D2	0,0	C2	0,0	D1.8	0,0	C1.8	0,0	D1.8	0,0	C1.8	0,2	D1.8	0,0	C1.8	0,2
D3	0,0	C3	0,0	D2.1	0,0	C2.1	0,0	D2.1	0,0	C2.1	0,0	D2.1	0,0	C2.1	0,0
D4	0,0	C4	0,0	D2.8	0,0	C2.8	0,0	D2.8	0,0	C2.8	0,0	D2.8	0,0	C2.8	0,0
D5	0,0	C5	0,0	D3.1	0,0	C3.1	0,0	D3.1	0,0	C3.1	0,0	D3.1	0,0	C3.1	0,0
D6	0,0	C6	0,6	D3.8	0,0	C3.8	0,0	D3.8	0,0	C3.8	0,0	D3.8	0,0	C3.8	0,0
D7	0,0	C7	0,4	D4.1	0,0	C4.1	0,0	D4.1	0,0	C4.1	0,0	D4.1	0,0	C4.1	0,0
D8	0,0	C8	0,6	D4.8	0,0	C4.8	0,0	D4.8	0,0	C4.8	0,0	D4.8	0,0	C4.8	0,0
D9	0,0	C9	0,3	D5.1	0,0	C5.1	0,0	D5.1	0,0	C5.1	0,0	D5.1	0,0	C5.1	0,0
D10	0,0	C10	0,0	D5.8	0,0	C5.8	0,0	D5.8	0,0	C5.8	0,0	D5.8	0,3	C5.8	0,0
D11	0,0	C11	0,0	D6.1	0,0	C6.2	0,0	D6.1	0,0	C6.2	0,0	D6.1	0,0	C6.2	0,2
D12	0,0	C12	0,0	D6.8	0,0	C6.8	0,0	D6.8	0,0	C6.8	0,1	D6.8	0,0	C6.8	0,0
D13	0,0	C13	0,3	D7.1	0,0	C7.1	0,0	D7.1	0,0	C7.1	0,0	D7.1	0,0	C7.1	0,0
D14	0,0	C14	0,4	D7.8	0,0	C7.8	0,3	D7.8	0,0	C7.8	0,0	D7.8	0,0	C7.8	0,0
D15	0,0	C15	0,0	D8.1	0,0	C8.1	0,0	D8.1	0,0	C8.1	0,0	D8.1	0,0	C8.1	0,3
Média	0,0	Média	0,2	D8.8	0,0	C8.8	0,0	D8.8	0,0	C8.8	0,3	D8.8	0,0	C8.8	0,5
Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,2	D9.1	0,0	C9.1	0,0	D9.1	0,0	C9.1	0,0	D9.1	0,3	C9.1	0,0
				D9.8	0,0	C9.8	0,0	D9.8	0,0	C9.8	0,0	D9.8	0,0	C9.8	0,0
				D10.1	0,0	C10.1	0,0	D10.1	0,0	C10.1	0,0	D10.1	0,0	C10.1	0,0
				D10.8	0,0	C10.8	0,0	D10.8	0,0	C10.8	0,0	D10.8	0,0	C10.8	0,0
				D11.1	0,0	C11.1	0,0	D11.1	0,0	C11.1	0,0	D11.1	0,0	C11.1	0,0
				D11.8	0,0	C11.8	0,0	D11.8	0,0	C11.8	0,0	D11.8	0,0	C11.8	0,0
				D12.1	0,0	C12.1	0,0	D12.1	0,0	C12.1	0,0	D12.1	0,0	C12.1	0,0
				D12.8	0,0	C12.8	0,0	D12.8	0,0	C12.8	0,0	D12.8	0,0	C12.8	0,0
				D13.1	0,0	C13.1	0,0	D13.1	0,0	C13.1	0,0	D13.1	0,0	C13.1	0,0
				D13.8	0,0	C13.8	0,0	D13.8	0,0	C13.8	0,0	D13.8	0,0	C13.8	0,0
				D14.1	0,0	C14.1	0,0	D14.1	0,0	C14.1	0,0	D14.1	0,0	C14.1	0,0
				D14.8	0,0	C14.8	0,0	D14.8	0,0	C14.8	0,0	D14.8	0,0	C14.8	0,0
				D15.1	0,0	C15.1	0,0	D15.1	0,3	C15.1	0,0	D15.1	0,0	C15.1	0,0
				D15.8	0,0	C15.8	0,0	D15.8	0,0	C15.8	0,0	D15.8	0,0	C15.8	0,0
				Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0
				Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,1	Desvio Padrão	0,1	Desvio Padrão	0,1	Desvio Padrão	0,1	Desvio Padrão	0,1

Tabela 3: Resultados obtidos para o alumínio trocável no talhão referência F (Floresta Nativa), nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007		MAIO 2008		JULHO 2008		ABRIL 2009	
Talhão F (Floresta Nativa)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão F (Floresta Nativa)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão F (Floresta Nativa)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão F (Floresta Nativa)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)
F1	0,4	F1.1	0,4	F1.1	0,0	F1.1	0,3
F2	0,4	F1.2	0,0	F1.2	0,0	F1.2	0,5
Média	0,4	F2.1	0,0	F2.1	0,3	F2.1	0,0
Desvio Padrão	0,0	F2.2	0,0	F2.2	0,0	F2.2	0,0
		Média	0,1	Média	0,1	Média	0,2
		Desvio Padrão	0,2	Desvio Padrão	0,2	Desvio Padrão	0,2

Tabela 4: Resultados obtidos para o alumínio trocável no talhão referência E (Pastagem), nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007		MAIO 2008		JULHO 2008		ABRIL 2009	
Talhão E (Pastagem)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão E (Pastagem)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão E (Pastagem)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)	Talhão E (Pastagem)	Al ³⁺ Trocável (cmolc/dm ³)
E1	0,0	E1.1	0,0	E1.1	0,0	E1.1	0,0
E2	0,0	E1.2	0,0	E1.2	0,0	E1.2	0,0
Média	0,0	E2.1	0,0	E2.1	0,0	E2.1	0,0
Desvio Padrão	0,0	E2.2	0,0	E2.2	0,0	E2.2	0,0
		Média	0,0	Média	0,0	Média	0,0
		Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0	Desvio Padrão	0,0

Anexo II: Tabelas de dados relativas à acidez potencial ($Al^{3+}+H^+$), nos talhões controle, experimentais e de referência, das UP's Boa Vontade e São João, para as campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009.

Tabela 1: Resultados obtidos para a acidez potencial ($Al^{3+}+H^+$) nos talhões controle A e experimental B da UP Boa Vontade, nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007				MAIO 2008				JULHO 2008				ABRIL 2009			
Talhão A (Controle)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão B (Tratamento)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão A (Controle)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão B (Tratamento)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão A (Controle)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão B (Tratamento)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão A (Controle)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)	Talhão B (Tratamento)	$Al^{3+}+H^+$ (cmol _e /dm ³)
A1	2,0	B1	2,3	A1.1	2,0	B1.1	1,5	A1.1	2,1	B1.1	1,6	A1.1	2,1	B1.1	2,5
A2	1,9	B2	1,6	A1.10	1,2	B1.10	1,1	A1.10	2,3	B1.10	1,8	A1.10	1,7	B1.10	1,2
A3	1,9	B3	1,4	A2.1	1,5	B2.1	1,8	A2.1	2,5	B2.1	3,0	A2.1	1,7	B2.1	2,4
A4	1,5	B4	1,6	A2.10	1,4	B2.10	1,9	A2.10	2,4	B2.10	2,6	A2.10	1,9	B2.10	1,7
A5	1,7	B5	1,4	A3.1	2,6	B3.1	2,4	A3.1	2,3	B3.1	2,3	A3.1	3,0	B3.1	2,9
A6	1,5	B6	1,5	A3.10	0,9	B3.10	2,0	A3.10	1,7	B3.10	2,6	A3.10	1,7	B3.10	2,2
A7	1,6	B7	1,8	A4.1	1,7	B4.1	2,1	A4.1	2,6	B4.1	1,6	A4.1	2,1	B4.1	2,2
A8	1,9	B8	1,1	A4.10	1,3	B4.10	2,1	A4.10	1,6	B4.10	2,2	A4.10	0,7	B4.10	2,5
A9	1,9	B9	1,6	A5.1	2,0	B5.1	1,3	A5.1	1,9	B5.1	1,7	A5.1	2,3	B5.1	1,4
Média	1,8	Média	1,6	A5.10	1,5	B5.10	1,4	A5.10	1,8	B5.10	1,5	A5.10	2,2	B5.10	2,2
Desvio Padrão	0,2	Desvio Padrão	0,3	A6.1	0,2	B6.1	1,6	A6.1	2,1	B6.1	2,4	A6.1	1,4	B6.1	2,1
				A6.10	1,1	B6.10	1,3	A6.10	2,0	B6.10	2,0	A6.10	1,7	B6.10	3,1
				A7.1	1,2	B7.1	1,4	A7.1	1,0	B7.1	2,4	A7.1	2,3	B7.1	2,2
				A7.10	1,2	B7.10	1,1	A7.10	1,6	B7.10	1,8	A7.10	2,6	B7.10	1,5
				A8.1	1,0	B8.1	2,3	A8.1	2,0	B8.1	3,7	A8.1	2,4	B8.1	2,7
				A8.10	1,6	B8.10	1,0	A8.10	2,1	B8.10	2,1	A8.10	2,4	B8.10	2,5
				A9.1	1,1	B9.1	1,4	A9.1	2,4	B9.1	2,6	A9.1	2,5	B9.1	2,4
				A9.10	1,2	B9.10	2,9	A9.10	1,7	B9.10	2,6	A9.10	2,1	B9.10	2,4
				Média	1,4	Média	1,7	Média	2,0	Média	2,3	Média	2,0	Média	2,2
				Desvio Padrão	0,5	Desvio Padrão	0,5	Desvio Padrão	0,4	Desvio Padrão	0,6	Desvio Padrão	0,52	Desvio Padrão	0,5

Tabela 2: Resultados obtidos para a acidez potencial ($\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$) nos talhões controle D e experimental C da UP São João, nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007				MAIO 2008				JULHO 2008				ABRIL 2009			
Talhão D (Controle)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão D (Controle)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão D (Controle)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão D (Controle)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)	Talhão C (Tratamento)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ (cmol/dm ³)
D1	1,6	C1	2,2	D1.1	0,5	C1.2	1,0	D1.1	1,9	C1.2	2,1	D1.1	0,2	C1.2	2,6
D2	2,0	C2	0,9	D1.8	1,1	C1.8	2,8	D1.8	1,7	C1.8	3,2	D1.8	1,6	C1.8	4,2
D3	2,0	C3	0,8	D2.1	1,2	C2.1	0,9	D2.1	1,3	C2.1	2,1	D2.1	1,1	C2.1	2,3
D4	2,1	C4	0,5	D2.8	1,4	C2.8	1,3	D2.8	1,9	C2.8	2,1	D2.8	1,7	C2.8	2,8
D5	2,3	C5	0,2	D3.1	0,6	C3.1	0,6	D3.1	1,7	C3.1	1,3	D3.1	2,0	C3.1	1,2
D6	1,9	C6	2,4	D3.8	1,2	C3.8	1,4	D3.8	1,5	C3.8	2,1	D3.8	2,2	C3.8	1,6
D7	1,4	C7	2,8	D4.1	0,3	C4.1	0,8	D4.1	1,8	C4.1	1,2	D4.1	1,2	C4.1	1,3
D8	1,8	C8	3,4	D4.8	1,1	C4.8	0,9	D4.8	1,6	C4.8	1,1	D4.8	2,6	C4.8	1,7
D9	2,2	C9	3,1	D5.1	1,1	C5.1	0,4	D5.1	1,0	C5.1	0,7	D5.1	1,2	C5.1	0,9
D10	1,8	C10	1,1	D5.8	2,6	C5.8	0,2	D5.8	1,5	C5.8	0,5	D5.8	2,4	C5.8	0,3
D11	2,1	C11	1,4	D6.1	1,5	C6.2	2,5	D6.1	1,4	C6.2	3,0	D6.1	1,9	C6.2	3,6
D12	1,8	C12	1,6	D6.8	0,4	C6.8	1,8	D6.8	1,0	C6.8	3,0	D6.8	1,3	C6.8	2,4
D13	0,9	C13	3,0	D7.1	2,4	C7.1	2,5	D7.1	1,6	C7.1	2,9	D7.1	2,1	C7.1	2,9
D14	2,3	C14	2,6	D7.8	1,7	C7.8	2,2	D7.8	0,8	C7.8	2,4	D7.8	0,6	C7.8	3,0
D15	2,2	C15	1,9	D8.1	1,9	C8.1	2,3	D8.1	1,8	C8.1	3,1	D8.1	1,5	C8.1	3,8
Média	1,9	Média	1,9	D8.8	1,1	C8.8	2,0	D8.8	1,7	C8.8	2,4	D8.8	2,3	C8.8	3,3
Desvio Padrão	0,4	Desvio Padrão	1,0	D9.1	2,7	C9.1	1,5	D9.1	2,7	C9.1	2,7	D9.1	3,3	C9.1	2,1
				D9.8	1,9	C9.8	1,4	D9.8	2,2	C9.8	2,3	D9.8	3,2	C9.8	3,1
				D10.1	1,1	C10.1	1,1	D10.1	1,7	C10.1	2,2	D10.1	2,2	C10.1	1,8
				D10.8	1,8	C10.8	1,3	D10.8	2,0	C10.8	2,7	D10.8	2,0	C10.8	2,0
				D11.1	1,2	C11.1	0,4	D11.1	1,4	C11.1	1,1	D11.1	1,8	C11.1	1,0
				D11.8	2,0	C11.8	0,8	D11.8	2,1	C11.8	1,3	D11.8	2,3	C11.8	1,4
				D12.1	2,5	C12.1	1,6	D12.1	1,8	C12.1	1,8	D12.1	1,5	C12.1	1,6
				D12.8	2,2	C12.8	0,9	D12.8	2,2	C12.8	0,9	D12.8	2,0	C12.8	2,0
				D13.1	1,8	C13.1	1,7	D13.1	2,6	C13.1	2,0	D13.1	2,0	C13.1	1,9
				D13.8	1,2	C13.8	2,0	D13.8	1,5	C13.8	2,7	D13.8	1,3	C13.8	2,3
				D14.1	2,0	C14.1	2,2	D14.1	2,2	C14.1	2,4	D14.1	2,0	C14.1	2,9
				D14.8	1,3	C14.8	2,0	D14.8	2,3	C14.8	1,5	D14.8	1,5	C14.8	1,8
				D15.1	1,7	C15.1	1,8	D15.1	2,7	C15.1	1,5	D15.1	2,8	C15.1	1,9
				D15.8	1,6	C15.8	1,4	D15.8	1,9	C15.8	1,6	D15.8	1,3	C15.8	1,6
				Média	1,5	Média	1,5	Média	1,8	Média	2,0	Média	1,8	Média	2,2
				Desvio Padrão	0,6	Desvio Padrão	0,7	Desvio Padrão	0,5	Desvio Padrão	0,8	Desvio Padrão	0,7	Desvio Padrão	0,9

Tabela 3: Resultados obtidos para a acidez potencial ($\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$) no talhão referência F (Floresta Nativa), nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007		MAIO 2008		JULHO 2008		ABRIL 2009	
Talhão F (Floresta Nativa)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Talhão F (Floresta Nativa)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Talhão F (Floresta Nativa)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Talhão F (Floresta Nativa)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)
F1	5,9	F1.1	4,2	F1.1	4,8	F1.1	5,6
F2	5,6	F1.2	4,1	F1.2	4,8	F1.2	5,8
Média	5,8	F2.1	2,8	F2.1	5,4	F2.1	4,7
Desvio Padrão	0,2	F2.2	4,0	F2.2	4,5	F2.2	5,4
		Média	3,8	Média	4,9	Média	5,4
		Desvio Padrão	0,7	Desvio Padrão	0,4	Desvio Padrão	0,5

Tabela 4: Resultados obtidos para para a acidez potencial ($\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$) no talhão referência E (Pastagem), nas campanhas de amostragem realizadas entre 2007 e 2009 (valores por ponto de amostragem e valor médio \pm desvio padrão por campanha de amostragem).

MARÇO 2007		MAIO 2008		JULHO 2008		ABRIL 2009	
Talhão E (Pastagem)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Talhão E (Pastagem)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Talhão E (Pastagem)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Talhão E (Pastagem)	$\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)
E1	2,7	E1.1	1,6	E1.1	2,3	E1.1	2,6
E2	2,6	E1.2	2,3	E1.2	2,4	E1.2	3,2
Média	2,7	E2.1	2,3	E2.1	2,6	E2.1	2,0
Desvio Padrão	0,1	E2.2	2,3	E2.2	2,3	E2.2	2,1
		Média	2,1	Média	2,4	Média	2,5
		Desvio Padrão	0,4	Desvio Padrão	0,1	Desvio Padrão	0,6

Anexo III: Classes de interpretação da fertilidade dos solos de acordo com a sua acidez potencial e trocável (alumínio trocável (adaptado de Alvarez et al., 1999).

Classificação	Acidez Potencial ($\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$) ¹ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Alumínio Trocável (Acidez Trocável) ² ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)
Muito baixo	$\leq 1,00$	$\leq 0,20$
Baixo	1,01 – 2,50	0,21 – 0,50
Médio	2,51 – 5,00	0,51 – 1,00
Alto	5,01 – 9,00	1,01 – 2,00
Muito Alto	$> 9,00$	$> 2,00$